



TUGAS AKHIR – MO 184804

**ANALISIS KEKUATAN PADEYE PADA SAAT LIFTING
STRUKTUR TOPSIDE WELLHEAD PADA PROSES LOADOUT**

BAYU KIRANA PUTRA

04311640000093

Dosen Pembimbing :

Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA**

2020



FINAL PROJECT – MO 184804

**PADEYE STRENGTH ANALISYS OF TOPSIDE
WELLHEAD DUE TO LOADOUT USING LIFTING
METHOD**

**BAYU KIRANA PUTRA
0431164000093**

Supervisors :

Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.

Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.

**DEPARTMEN OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA**

2020

**ANALISIS KEKUATAN PADEYE PADA SAAT LIFTING
STRUKTUR TOPSIDE WELLHEAD PADA PROSES
LOADOUT**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
(S.T) pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi
Kelautan Institut Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

BAYU KIRANA PUTRA

04311640000093

Disetujui Oleh :

1. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D

(Pembimbing 1)



2. Nur Syahroni, S.T, M.T, Ph.D

(Pembimbing 2)



3. Ir. Imam Rochani, M.Sc

(Penguji 1)



4. Dr. Dendy Satrio, S.ST.

(Penguji 2)



Surabaya, Agustus 2020

ANALISIS KEKUATAN PADEYE PADA SAAT LIFTING STRUKTUR TOPSIDE WELLHEAD PADA PROSES LOADOUT

Nama : Bayu Kirana Putra
NRP : 04311640000093
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.
Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Loadout merupakan salah satu operasi untuk instalasi sebuah Bangunan Lepas Pantai. *Loadout* terdiri dari beberapa metode. Salah satunya adalah dengan metode *lifting*. Dalam analisis *lifting* struktur *topside* dengan berat total 1456,03 T ini, dilakukan analisis statis. Pada saat struktur *topside* di *lifting* terjadi pergeseran titik berat (*Center Of Gravity*). Pergeseran COG saat *lifting* sangat berpengaruh pada besar beban yang diangkat oleh *rigging*, sehingga terjadi perbedaan beban yang diangkat pada setiap *rigging*. Beban terbesar yang diterima *rigging* adalah sebesar 516,01 T pada *joint* PD01. Proses *lifting* terkadang hanya memperhatikan keadaan statis tidak memperhatikan keadaan secara dinamis. Untuk beban dinamis biasanya dimasukkan dalam *dynamic load factor*. Dalam faktor tersebut telah mencakup banyak kondisi dinamis. Pada umumnya faktor ini dikalikan pada beban statis. Analisis secara lokal dilakukan terhadap struktur *padeye* untuk mengetahui integritas dari dstruktur tersebut. Dilakukan beberapa pengecekan terhadap perbandingan tegangan yang terjadi dengan tegangan ijin yang berlaku pada beberapa tinjauan tegangan. Analisis lokal pada struktur *padeye* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak dan didapatkan hasil *equivalent von-mises stress* sebesar 95.935 MPa, dengan tegangan ijin pada material Baja ASTM A890 sebesar 345.72 MPa.

Kata kunci : *Lifting, Topside, Padeye.*

PADEYE STRENGTH ANALISYS OF TOPSIDE WELLHEAD DUE TO LOADOUT USING LIFTING METHOD

Name : Bayu Kirana Putra
NRP : 04311640000093
Department : Ocean Engineering
Lecturer : Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.
Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D

ABSTACT

Loadout is an operation for the installation of an Offshore Building. Loadout consists of several methods. One of them is the lifting method. In the analysis of the lifting of the topside structure with a total weight of 1456.03 T, a static analysis was performed. At the topside structure in the lifting there is a shift in the center of gravity. COG shift when lifting is very influential on the amount of load lifted by rigging, so there is a difference in the load being lifted at each rigging. The biggest load received by rigging is 516.01 T on the PD01 joint. The lifting process sometimes only considers the static state, not the dynamic conditions. For dynamic loads usually included in the dynamic load factor. In this factor many dynamic conditions have been included. In general this factor is multiplied by the static load. Local analysis was carried out on the structure of the padeye to determine the integrity of the structure. Some checks are made of the comparison of the voltage that occurs with the permit voltage that applies to several voltage reviews. Local analysis on the structure of padeye was carried out using software and an equivalent von-mises stress result of 95.935 MPa was obtained, with the permit stress on the ASTM A890 Steel material of 345.72 MPa.

Keyword: *lifting, topside, padeye*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul, “**Analisis Kekuatan *Padeye* pada saat *Lifting* Struktur *Topside Wellhead* pada Proses *Loadout*”** ini walaupun terdapat beberapa halangan tapi dapat dilewati oleh penulis.

Penyusunan Tugas Akhir ini sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai analisis struktur dari *topside* pada saat dilakukan proses *lifting* dengan analisa statis dari struktur *topside* saat dilaksanakan *lifting*, dan setelah itu didapatkan tegangan terbesar pada salah satu titik angkat, sehingga dilakukan analisis lokal untuk mengetahui besar tegangan yang terjadi.

Penulis mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca demi perbaikan dan kesempurnaan penyusunan dan penulisan berikutnya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa kelautan, bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis sendiri pada khususnya.

Surabaya, Agustus 2020

Bayu Kirana Putra

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas berkat rahmatnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Secara khusus penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Eko Yulianingsih dan Putranto Sasikirono yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan baik moril maupun materiil.
2. Bapak Ir. Handyano, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama yang selalu membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing pertama yang selalu membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman teman “Kurnia Kos” dan “NU” yang telah membantu penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir ini.
5. “Gerbong” selaku teman-teman penulis yang selalu menghibur dan menemani penulis selama menjalankan studi di Teknik Kelautan ITS.
6. Bandung Bondowoso yang menjadi inspirasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
ABSTACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Loadout	8
2.2.2 Sling	8
2.2.3 Shackle	9
2.2.4 Padeye	10
2.2.5 Bearing Stress	11
2.2.6 Shear Stress	12
2.2.7 Tensile Stress.....	13
2.2.8 Bending Stress	14
2.2.9 Beban Dinamis	15
2.2.10 Pergeseran COG (Center Of Gravity).....	16
2.2.11 Metode Elemen Hingga	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	21
3.2 Prosedur Penelitian	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pengumpulan Data.....	25
4.2 Permodelan Struktur <i>Topside</i>	25
4.3 Perhitungan Beban Struktur dan Titik Berat	28
4.3.1 Penentuan Beban	29
4.4 Penentuan Rigging.....	30
4.4.1 Pemilihan Sling.....	30

4.4.2	Pemilihan Shackle.....	31
4.5	Analisis Statis Padeye	32
4.5.1	Geometry Check	32
4.5.2	<i>Stress Check</i> pada <i>Pinhole</i>	34
4.5.2.1	<i>Bearing Stress</i> pada <i>Pinhole</i>	34
4.5.2.2	<i>Shear Stress</i> pada <i>Pinhole</i>	35
4.5.2.3	<i>Tensile Stress</i> pada <i>Pinhole</i>	35
4.5.3	<i>Stress Check</i> pada Plat <i>Padeye</i>	36
4.5.3.1	<i>Tensile Stress</i> pada Plat	36
4.5.3.2	<i>Shear Stress</i> pada Plat	37
4.5.3.3	<i>Bending Stress</i> pada Plat	37
4.5.4	Combined Stress	38
4.6	Analisis Tegangan Padeye	39
4.6.1	Analisis Sensitifitas Meshing	39
4.6.2	Kondisi Batas yang ditentukan.....	42
4.6.3	Hasil Analisis Tegangan Padeye	43
BAB V KESIMPULAN.....		47
5.1.	Kesimpulan.....	47
5.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Proses Lifting	1
Gambar 2. 1 Wire Rope Sling	9
Gambar 2. 2. Shackle	10
Gambar 2. 3. <i>Padeye</i>	11
Gambar 2. 4. <i>Bearing Area</i>	12
Gambar 2. 5. <i>Shear Area</i>	13
Gambar 2. 6. <i>Tensile Area</i>	14
Gambar 2. 7. Pergeseran CoG Struktur <i>Topside</i>	17
Gambar 2. 8. Contoh Penggunaan Metode Elemen Hingga	18
Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	21
Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)	22
Gambar 4. 1. Model Struktur <i>Topside</i> oleh SACS	26
Gambar 4. 2. Orientasi <i>Platform</i>	26
Gambar 4. 3. Lokasi <i>Hook Point</i>	28
Gambar 4. 4. Lokasi <i>CoG Envelope</i>	29
Gambar 4. 5. Dimensi <i>padeye</i>	33
Gambar 4. 6. Model struktur <i>padeye</i>	39
Gambar 4. 7. Lokasi <i>probe</i>	40
Gambar 4. 8. <i>Meshing sensitivity</i>	41
Gambar 4. 9. Lokasi <i>fixed support</i>	42
Gambar 4. 10. Komponen gaya yang bekerja pada <i>padeye</i>	43
Gambar 4. 11. Hasil analisis tegangan pada <i>padeye</i>	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. <i>Dynamic Amplification Factor</i>	16
Tabel 4.1. <i>Data Equipment Topside Wellhead</i>	25
Tabel 4.2. <i>Data Titik Berat awal</i>	25
Tabel 4. 3. <i>Perbandingan Beban Struktur Topside</i>	27
Tabel 4. 4. <i>Perbandingan Titik Berat Struktur Topside</i>	28
Tabel 4. 5. <i>Nilai beban yang bekerja</i>	29
Tabel 4. 6. <i>Kapasitas dan ukuran Sling (Katalog Offshore Pte, Ltd)</i>	30
Tabel 4. 7. <i>Sling Capacity Check</i> kondisi statis	30
Tabel 4. 8. <i>Kapasitas dan ukuran Shackle(S-2160 Shackle Wide Body, Crosby)</i>	31
Tabel 4. 9. <i>Dimensi Shackle (S-2160 Shackle Wide Body, Crosby)</i>	32
Tabel 4. 10. <i>Shackle capacity check</i> kondisi statis	32
Tabel 4. 11. <i>Dimensi Padeye</i>	33
Tabel 4. 12. <i>Padeye Clearance Check</i>	33
Tabel 4. 13. <i>Perhitungan bearing stress pada pinhole</i>	34
Tabel 4. 14. <i>Perhitungan shear stress pada pinhole</i>	35
Tabel 4. 15. <i>Perhitungan tensile stress pada pinhole</i>	35
Tabel 4. 16. <i>Perhitungan tensile stress pada plat padeye</i>	36
Tabel 4. 17 <i>Perhitungan shear stress pada plat padeye</i>	37
Tabel 4. 18. <i>Perhitungan bending stress pada plat padeye</i>	38
Tabel 4. 19. <i>Perhitungan kombinasi tegangan</i>	38
Tabel 4. 20. <i>Meshing sensitivity</i>	41
Tabel 4. 21. <i>Hasil tegangan von mises pada stress probe</i>	44
Tabel 4. 22. <i>Tegangan von mises yang terjadi</i>	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan lepas pantai jenis *jacket structure* terdiri dari komponen utama yaitu *deck*, *jacket*, dan *pile* yang diproduksi di suatu *fabrication yard*. Setelah proses fabrikasi di *yard* maka akan dilanjutkan ke tahap instalasi ke *field* (tempat instalasi). Instalasi sebuah platform terdiri dari loadout dan transportasi dari beberapa komponen platform ke *installation site*, memosisikan platform pada *installation site* dan perakitan beberapa komponen struktur menjadi struktur yang lengkap sesuai dengan desain dan spesifikasinya (Sukma,2019).

Dalam proses instalasi *deck structure* maka hal utama yang diperhatikan adalah tidak terjadi kegagalan atau kerusakan pada *deck structure*. Padahal masih sering ditemui ketika proses *lifting* terjadi beberapa kendala ,seperti kegagalan struktur atau patahnya *member frame* (Novanda,2012).



Gambar 1. 1 Proses Lifting

Proses pembuatan bangunan lepas pantai hingga instalasi terdapat banyak tahap. Salah satunya adalah tahap *loadout*. Yang dimaksud *loadout* adalah proses perpindahan sebuah struktur dari *yard* menuju ke *barge*. Proses pemindahan ini terdapat berbagai jenis. Contohnya adalah menggunakan metode *lifting* yang ditunjukkan pada dengan cara mengangkat struktur dengan menggunakan *crane*, dan di pindahkan menuju *barge*. Dalam kegiatan *loadout*, perlu dilakukan analisis kekuatan struktur saat kegiatan ini dilakukan (Fauzan,2007).

Proses *Lifting* sering mengalami kegagalan struktur seperti patah pada saat proses *lifting* dilakukan. Hal ini dikarenakan perhitungan yang dilakukan hanya dilakukan dengan statik saja tanpa memperhatikan keadaan sebenarnya seperti pergerakan pada struktur saat dilakukan pengangkatan. Dengan pernyataan tersebut, bisa dikatakan struktur yang juga sangat diperhatikan adalah struktur dari *padeye*(Yansah,2016).

Padeye adalah sebuah struktur yang berbentuk setengah lingkaran yang akan dilas pada plat. Struktur *padeye* ini akan mempermudah proses *lifting*. Penempatan dari *padeye* harus tepat, dikarenakan pemasangan *padeye* mempengaruhi titik berat struktur pada saat pengangkatan dilakukan. Jumlah dari *lifting point* ataupun peletakannya ini sangat mempengaruhi kestabilan dari struktur pada saat pengangkatan, sehingga dipastikan tidak timbul tegangan yang berlebihan(Raharjaning,2016).

Kedua hal diatas mendukung pernyataan dari DNV OS-H205 *Lifting Operations* (2014), yang menyatakan bahwa metode *lifting* harus memperhatikan banyak faktor khususnya yang menunjang dari metode tersebut. Seperti *lifting point*, *hook point*, *shackle*, *padeye*, *sling*, dan kapasitas *crane* yang sesuai. Berdasarkan informasi yang sudah didapat, analisis dinamis pada proses *lifting* mencakup beberapa hal dari beban yang mendasar maupun beban yang sudah global. Menurut DNV *Rules for Marine Operations OS-H205 Lifting Operation* April 2014, dasar beban dari kegiatan *lifting* adalah berat struktur itu sendiri dan *center of gravity* dari struktur, berat dari *rigging*, dan beban special yang terdiri dari *tuggerlind*, *guide load*, *wind load*, hidrodinamis, dan beban hidrostatis(Perdana,2019).

Dalam kegiatan *lifting* efek dinamis timbul karena variasi dari kecepatan menaikkan, *crane*, gerakan *vessel*, gerakan dari *cargo barge*, gerakan dari objek dll. Untuk efek dinamis secara global dapat dikategorikan dari parameter kondisi lingkungan, rencana *rigging*, tipe dari *crane vessel*, kekakuan dari *crane-boom* dan peralatan *lifting*, tipe dari *cargo vessel*, berat dari obyek yang akan diangkat, prosedur pengangkatan, kondisi apabila kegiatan *lifting* dilakukan di udara atau di air. Ditinjau dari peran dan banyaknya efek dinamis pada proses *lifting*, maka diperlukan analisis dinamis pada struktur *padeye* pada proses *lifting loadout* Struktur *Topside Wellhead Platform* (Gorat, 2017).

Pengikatan yang cukup kuat harus didesain dan diaplikasikan pada struktur dan semua komponennya untuk mencegah struktur bergerak saat transportasi. Muatan yang diangkut, *grillage*, dan *seafastening* harus mempunyai kekuatan untuk menahan beban lingkungan selama proses transportasi. (Nobel Denton No;0030/ND, 2009).

Sesuai latar belakang yang dijabarkan maka dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis konfigurasi *rigging* terhadap kekuatan lokal *padeye* pada proses *loadout* Struktur *Topside Wellhead Platform* dengan metode *lifting*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar gaya yang bekerja pada *rigging* (*sling* dan *shackle*) pada saat *lifting*.
2. Bagaimana konfigurasi dan dimensi struktur *padeye* yang sesuai dengan AISC ASD(2010) pada saat *lifting*.
3. Berapa besar tegangan yang terjadi pada struktur *padeye* saat proses *lifting*.

1.3 Tujuan

1. Mengetahui besar gaya yang bekerja pada *rigging* (*sling* dan *shackle*) pada saat *lifting*.
2. Mengetahui konfigurasi dan dimensi struktur *padeye* yang sesuai dengan codes AISC ASD(2010) pada saat *lifting*.
3. Mengetahui besar tegangan yang terjadi pada struktur *padeye* saat proses *lifting*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai bahan pertimbangan dalam analisis proses *lifting* dengan perhitungan beban dinamis terhadap beban yang diangkat dan kekuatan *padeye* menggunakan analisis lokal pada saat proses *lifting*.

1.5 Batasan Masalah

1. Analisis dilakukan terbatas terhadap beban struktur itu sendiri.
2. Analisis dilakukan pada *lifting* module *topside*, sementara desain *padeye* dilakukan kemudian secara manual.
3. Analisis tegangan pada struktur *padeye* dilakukan dengan menggunakan analisis lokal
4. Variasi ketebalan pada dimensi *padeye* tidak dilakukan.
5. Pemilihan *slings* dan *shackles* ditentukan dengan memilih *safety working load* yang lebih besar dari beban aktual yang diterima oleh *slings* ataupun *shackles*.
6. Pendekatan dinamis menggunakan *Dynamic Amplification Factor*.
7. *Software* yang digunakan untuk permodelan dan analisis struktur *topside* adalah SACS, sedangkan untuk permodelan dan analisis struktur *padeye* menggunakan *software* ANSYS.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diterangkan mengenai latar belakang penelitian yang dilakukan, permasalahan, tujuan yang ingin dicapai, batasan-batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan teori-teori yang dibutuhkan penulis untuk melakukan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan urutan atau runtutan cara dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis yang dilakukan selama proses pengerjaan tugas akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menerangkan kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis yang dilakukan dan saran dari penulis untuk keperluan penelitian yang lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi referensi-referansi yang digunakan penulis selama melakukan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Loadout merupakan salah satu dari tiga operasi besar yang berurutan dari instalasi bangunan lepas pantai. Seluruh proses instalasi memberikan kontribusi besar terhadap biaya *platform* secara keseluruhan. Semua tahap-tahap dalam menjalankan operasi ini memiliki tingkat bahaya keamanan yang tinggi. Baik untuk personil dan *platform* itu sendiri.

Sehingga dalam melakukan tiga operasi besar tersebut harus memperhitungkan berbagai perhitungan. Contoh pertimbangan ini adalah dari desain dari proses *lifting* secara sistem. Pertimbangan ini berkaitan dengan yang lainnya, seperti kemampuan atau karakteristik dari alat yang mengangkat, kemudian struktur yang akan diangkat, dan keadaan lingkungan yang terjadi pada saat proses *lifting* berlangsung. Kemudian pertimbangan selanjutnya adalah kegiatan dari *rigging*. Contohnya adalah dalam pemakaian *spreader bar*, peletakan *lifting point*, ukuran *slings* yang tepat untuk struktur angkat, dan sudut *hook point* sesuai dengan modul angkat.

Peletakan *lifting point* pada umumnya diletakkan pada titik terkuat pada struktur yang akan dilakukan. Hal ini dilakukan guna mencegah terjadinya kerusakan pada struktur maupun deformasi pada struktur. Sehingga untuk penempatan titik angkat perlu memperhatikan *lifting weight*. Apabila struktur itu rentan, pada umumnya diberikan penguat pada titik angkat tersebut, guna mengurangi deformasi yang akan terjadi.

Dari penjelasan diatas, kemudian Simatupang,2008 melakukan analisa mengenai “Analisa Struktur *Padeye* pada Proses *Lifting Deck Structure*”, analisis ini dilakukan dengan struktur *deck* dengan menggunakan variasi tebal *plate* dari *padeye*. Kemudian analisis yang dilakukan menggunakan *software* MicroSAS. Dalam analisisnya ini dilakukan tindakan melakukan pengangkatan dengan *spreader bar* dan tidak menggunakan *spreader bar*. Modifikasi tebal *main plate* adalah 55 mm, 60 mm, 65 mm.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Loadout

Tahapan pemindahan suatu bangunan, modul, pipa, atau komponen ke *barge* ini yang disebut dengan *load out* (DNVGL-ST-N001). Dalam perencanaan *load out*, harus dilakukan analisa untuk mengetahui apakah struktur tersebut bisa dikatakan kuat saat mengalami kondisi kritis. Menurut API RP 2A, *load out* dapat dilakukan dengan 3 metode :

1. Launching/Skidding Method

Konstruksi *jacket* atau *deck* ditumpu oleh *skid shoe* yang duduk di atas *skid way*. Pada saat *loadout* konstruksi *jacket* diikat dengan tali baja (*sling*) dan ditarik ke atas *barge* dengan menggunakan *winch*.

2. Dolly/Trailer Method

Jacket ditarik ke atas *barge* dengan menggunakan *dollies*, sehingga dapat dilakukan dari berbagai lokasi karena tidak tertumpu pada konstruksi *skid way*. Cara ini memerlukan *winch* baik di darat maupun di atas *barge*.

3. Lifting Method

Jacket diangkat dan diletakan oleh *crane*, sehingga metode ini dipakai khusus untuk konstruksi yang kecil seperti *flare bridge, jacket*, dimana berat angkat masih di bawah kapasitas angkat dan radius *crane*.

2.2.2 Sling

Sling adalah *wire rope* atau tali kawat yang merupakan komponen dari proses lifting, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1.** *Sling* inilah yang akan menjadi sarana pengikat antara struktur yang akan diangkat dan alat pengangkatnya.



Gambar 2. 1 Wire Rope Sling

Sling Tension Check adalah perhitungan untuk mencari beban aktual yang diterima sling dengan dikalikan *sling angle factor*. *Sling angle factor* adalah faktor pengali berdasarkan sudut pengangkatan pada sling terhadap *hook point*. Nilai *sling angle factor* disebutkan oleh fabrikasi tentang *Safe Working Load* (SWL), *Working Load Limit* (WLL) atau yang sering disebut juga *Maximum Rated Load* dan *Minimum Breaking Load*, beserta perhitungannya dimana :

$$SWL = WLL = 1/5 MBL \quad (2.1)$$

$$MBL = 5 \times (SWL \text{ atau } WLL) \quad (2.2)$$

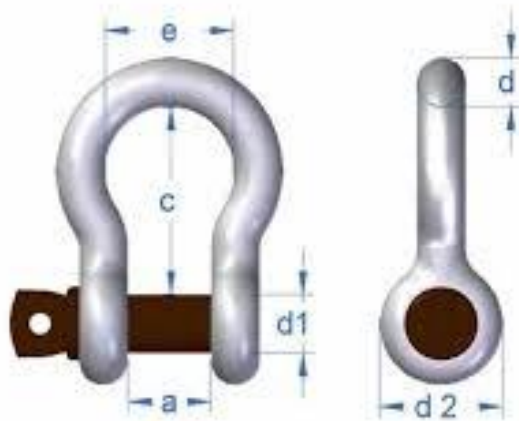
2.2.3 Shackle

Shackle adalah alat bantu pengait antara mata *sling* dengan padeye. Detail dari bentuk shackle ditunjukkan pada **Gambar 2.2.** Juga disebutkan oleh fabrikasi tentang *Safe Working Load* (SWL), *Working Load Limit* (WLL) atau yang sering disebut juga *Maximum Rated Load*, dan *Minimum Breaking Load*, beserta perhitungannya dimana :

$$SWL = WLL = 1/5 MBL \quad (2.3)$$

$$MBL = 5 \times (SWL \text{ atau } WLL) \quad (2.4)$$

Menurut DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014), faktor keamanan beban untuk *shackle* adalah 2. Pada DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014) juga menyatakan jika *Safe Working Load* (SWL) umumnya digunakan sebagai acuan untuk pemilihan *shackle* dan faktor keamanan beban yang diijinkan pada *shackle* sebesar 2.



Gambar 2. 2. Shackle

Keterangan gambar :

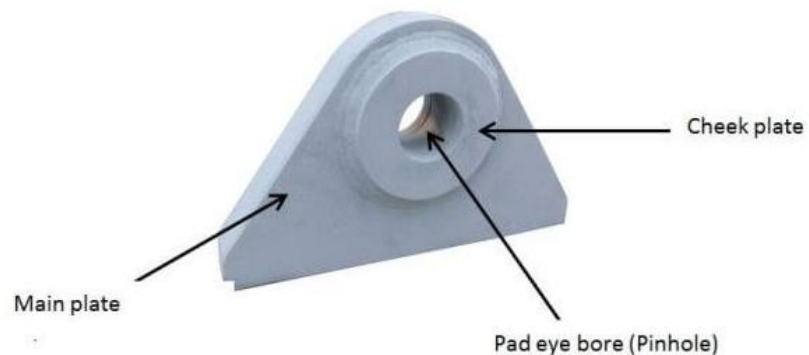
Diameter <i>pin</i>	= d1	Lebar <i>bow</i>	= d
Panjang dalam	= c	Diameter <i>eye</i>	= d2
Lebar dalam	= e	Lebar <i>jaw</i>	= a

2.2.4 Padeye

Padeye adalah sebuah struktur berbentuk setengah lingkaran, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3.** Untuk struktur dari *padeye* menerima gaya secara vertikal dan horisontal. Untuk gaya vertikal adalah gaya yang berasal dari struktur angkat itu sendiri. Dan untuk gaya horisontal, gaya ini timbul dari gaya *sling* pada saat proses pengangkatan dilakukan.

Pada AISC ASD (2010) untuk desain *padeye* telah ditetapkan beberapa ukuran yang sering digunakan untuk mempermudah proses *loadout* ataupun instalasi. Berikut adalah arahan dalam mendesain *padeye* :

1. Radius luar *padeye* harus lebih besar dari 1,25 kali diameter *pinhole*.
2. *Clearance* minimal antara *diameter pinhole* dengan diameter *shackle pin* sebesar 2mm atau 3% dari diameter *shackle pin*.



Gambar 2. 3. *Padeye*

2.2.5 Bearing Stress

Menurut Egor Popov, Tegangan dukung (*bearing stress*) adalah tegangan normal dimana sebuah benda didukung oleh benda lain yang resultan gayanya berhimpitan dengan titik berat luas persentuhan kedua benda yang ditampilkan oleh garis merah dalam **Gambar 2.4**. Intensitas nominal rata-rata dari tekanan ini diperoleh dengan membagi gaya yang diantar dengan luasan. Adapun persamaan untuk mengetahui besarnya tegangan dukung adalah:

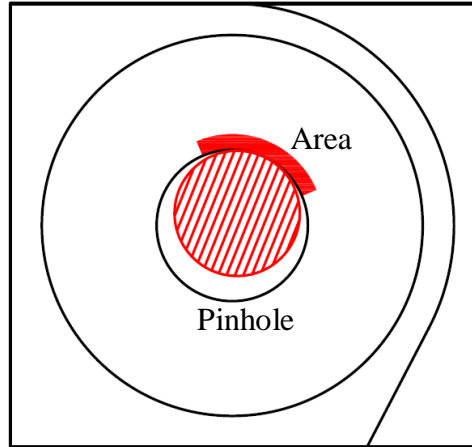
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.5)$$

Dengan:

σ = Tegangan dukung

P = Gaya yang bekerja

A = Luasan *Bearing*



Gambar 2. 4. *Bearing Area*

2.2.6 Shear Stress

Menurut Egor Popov, tegangan geser (*shear stress*) adalah hasil dari komponen yang lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luar elementer. Tegangan geser timbul dari komponen vektor gaya paralel ke penampang melintang yang ditampilkan oleh garis merah pada **Gambar2.5**. Persamaan untuk mengetahui besarnya tegangan geser adalah:

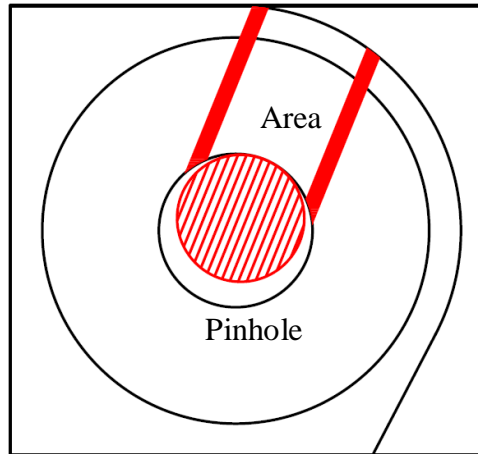
$$\tau = \frac{\Delta V}{\Delta A} \quad (2.6)$$

Dengan:

τ = Tegangan geser

ΔV = Komponen gaya yang sejajar dengan potongan

A = Luasan *Shear*



Gambar 2. 5. *Shear Area*

2.2.7 Tensile Stress

Tegangan tarik adalah tegangan yang bekerja mendorong atau menarik yang bergantung pada arah gaya di sepanjang sumbu objek. Tegangan tarik akan mencoba untuk membuat perubahan dalam dimensi benda yang disebabkan oleh gaya yang diberikan, yang bersifat tekan atau tarik. Tidak ada tegangan tarik yang bekerja apabila beban horizontal eksternal yang bekerja pada suatu struktur tidak ada. Luasan benda yang terdampak oleh tegangan tarik ditampilkan oleh garis merah pada **Gambar 2.6**. Persamaan untuk mengetahui besarnya tegangan tarik adalah:

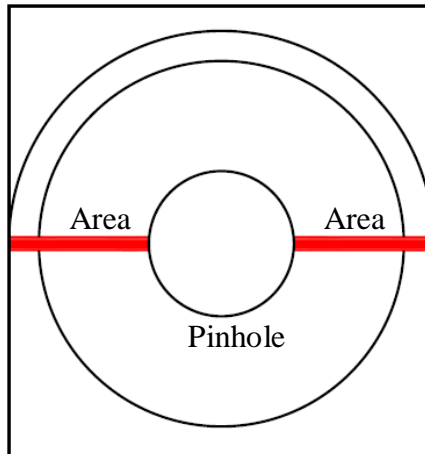
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.7)$$

Dengan:

σ = Tegangan aksial

P = Gaya yang bekerja

A = Luasan tarik



Gambar 2. 6. *Tensile Area*

2.2.8 Bending Stress

Tegangan lentur adalah tegangan normal yang diinduksi pada suatu titik dalam benda yang menyebabkan benda tersebut seperti membungkuk. Tegangan lentur merupakan sejenis tegangan normal yang lebih spesifik. Ketika balok mengalami tekanan secara vertikal, bagian atas balok mengalami tegangan normal. Tegangan pada bidang horizontal netral adalah nol. Sedangkan bagian bawah balok mengalami tegangan tarik. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan lentur akan bervariasi secara linear dengan jarak dari sumbu netral.

Dalam implementasinya tegangan lentur dibagi menjadi dua tinjauan, yaitu Inplane bending stress dan Outplane bending stress.

2.2.8.1. Inplane Bending

Inplane bending adalah tegangan lentur yang terjadi pada suatu benda dan akibat dari gaya lentur yang terjadi searah melintang dengan sumbu x dari benda. Persamaan untuk inplane bending stress adalah sebagai berikut:

$$\frac{(Pxb)x\left(\frac{d}{2}\right)}{I_x} \quad (2.8)$$

Dimana:

P = Gaya yang bekerja

b = Tinggi penampang

a = Lebar Penampang

I_x = Momen inersia x

2.2.8.2. Outplane Bending

Outplane bending adalah lengkungan yang terjadi akibat tegangan lentur yang terjadi pada suatu benda yang mengakibatkan pembengkokan yang arahnya tidak sejajar melintang dengan sumbu x benda. Persamaan untuk outplane bending stress adalah sebagai berikut:

$$\frac{(Pxb)x\left(\frac{a}{2}\right)}{I_y} \quad (2.9)$$

Dimana:

P = Gaya yang bekerja

b = Tinggi penampang

a = Lebar Penampang

I_y = Momen inersia y

2.2.9 Beban Dinamis

Dalam proses *lifting* akan terjadi banyak hal yang bisa dikatakan sebagai efek dinamis, contohnya adalah pergerakan dari *crane* sebagai alat angkat, kemudian pergerakan dari barge yang merupakan landasan struktur angkat. Hal di atas mendukung pernyataan DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014) bahwa beban dinamis dalam proses *lifting* dipengaruhi beberapa parameter, susunan dari *rigging*, kondisi *crane*, berat dari obyek yang diangkat, kemudian beban lingkungan. Beban lingkungan ini juga dapat dikategorikan sebagai beban dinamis. Untuk beban dinamis ini dijadikan faktor beban pada beban statis.

Pada DNV OS-H205 *Lifting Operation* (2014) juga dikatakan mengenai *Dynamic Amplification Factor* (DAF). Dalam faktor ini dikelompokkan lebih kepada besaran beban yang diterima oleh *Static Hook Load*. Faktor-faktor tersebut terdiri dari *onshore*, *inshore*, dan *offshore* yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1.** berikut.

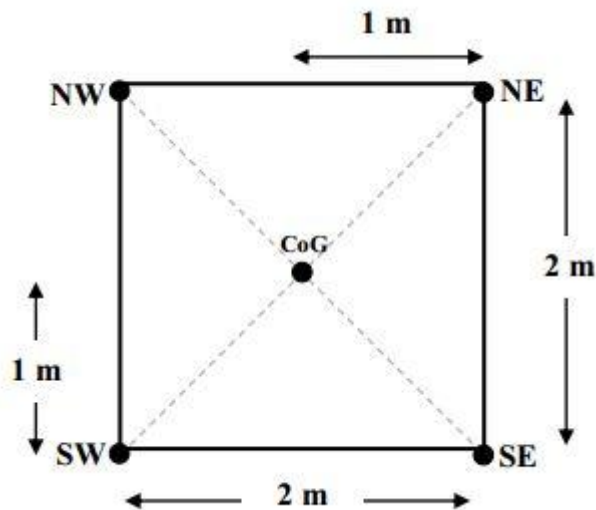
Tabel 2. 1. Dynamic Amplification Factor

<i>SHL (Static Hook Load)</i>	<i>DAF Onshore</i>	<i>DAF Inshore</i>	<i>DAF Offshore</i>
$3^2) - 100\text{ t}$	1.10	$1.07 + 0.05\sqrt{100/SHL}$	$1 + 0.25\sqrt{100/SHL}$
100 - 300 t	1.05	1.12	1.25
300 - 1000 t	1.05	1.10	1.20
1000 - 2500 t	1.03	1.08	1.15
> 2500 t	1.03	1.05	1.10

2.2.10 Pergeseran COG(Center Of Gravity)

Berdasarkan *ISO 19901-5 part 5*, *COG envelope* berpusat pada titik berat yang sesuai dengan perencanaan awal struktur dan *CoG envelope* memiliki panjang setiap sisinya adalah 5% dari seluruh lebar dan tinggi pada struktur utama (pada kasus ini *vent boom* dan *crane* tidak masuk sebagai struktur utama). Sedangkan pada *design basic* mensyaratkan ukuran *COG envelope* tidak kurang dari 2m x 2m yang ditunjukkan pada **Gambar 2.7.**

Hal ini sebelumnya harus diperhitungkan perkiraan perpindahan *center of grafity* ini. Karena titik berat struktur angkat sangat mempengaruhi titik angkat pada saat proses *lifting*, dan juga kegiatan *rigging* pada proses *lifting*. Perhitungan ini dilakukan saat model struktur telah selesai dibuat.



Gambar 2. 7. Pergeseran CoG Struktur *Topside*

2.2.11 Metode Elemen Hingga

Analisa kekuatan sebuah struktur telah menjadi bagian penting dalam alur kerja pengembangan desain dan produk. Pada awalnya analisa kekuatan dilakukan dengan menggunakan rumusan-rumusan teoritis yang telah banyak tercantum pada buku-buku panduan mekanika struktur dan teknik. Tetapi hal tersebut memiliki banyak kekurangan, salah satunya adalah harus dilakukan penyederhanaan-penyederhanaan serta pengidealisan kondisi-kondisi yang akan dianalisa agar dapat ke suatu persamaan dalam rumusan teoritis tersebut. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya akurasi dan ketepatan hasil analisa yang dihasilkan serta akan sangat sulit diaplikasikan pada bentuk struktur yang kompleks.

Untuk mengatasi hal tersebut dikembangkan berbagai macam metode analisa yang dapat mengatasi hal tersebut. Salah satu metode tersebut adalah metode elemen hingga. Metode elemen hingga adalah sebuah metode yang menggunakan pendekatan numerik untuk menganalisa sebuah struktur untuk mendapatkan solusi pendekatan dari suatu permasalahan.

Untuk dapat memahami dengan mudah konsep dasar dari metode elemen hingga dapat diambil contoh sederhana dari salah satu bentuk struktur mekanika sebagaimana yang terlihat pada **Gambar 2.8.** Seperti

yang sudah diketahui, banyak struktur mekanika terbuat dari beberapa batang yang terhubung dengan menggunakan sambungan-sambungan sehingga membentuk sebuah struktur. Setiap titik penghubung batang-batang tersebut adalah yang disebut sebagai titik nodal.



Gambar 2. 8. Contoh Penggunaan Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga menggunakan prinsip yang sama dengan struktur sederhana tersebut dimana setiap struktur yang akan dianalisa dibagi terlebih dahulu menjadi elemen-elemen kecil seperti. Layaknya struktur yang ditunjukkan pada **Gambar 2.8.** Analisa untuk struktur tersebut dapat dilkauan dengan mengetahui terlebih dahulu bagaimana perilaku setiap elemen individual tersebut, kemudian elemen-elemen tersebut dihubungkan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya kesetimbangannya dan komabilitas dari perubahan posisi-posisi struktur tersebut sesuai pada setiap titik nodalnya.

Setelah kedua hal tersebut dipenuhi, analisa dapat dilakukan dengan menerapkan perhitungan-perhitungan numerik yang berdasarkan analisa struktur sederhana pada setiap elemen-elemen struktur tersebut. Perhitungan-perhitungan numerik tersebut direpresentasikan dengan menggunakan metode matriks untuk menganalisis struktur secara kesinambungan. Karena analisa yang dilakukan pada setiap elemen pada kedekatan hasil analisa terhadap kondisi sebenarnya sangat bergantung pada jumlah elemen yang dibagi pada struktur yang dianalisa tersebut. **Gambar 2.8.** menunjukkan contoh model metode elemen hingga yang diterapkan pada sebuah struktur konstruksi sederhana.

Setelah mengetahui kondisi-kondisi dasar yang perlu diketahui dalam melakukan analisa struktur, hal lain yang perlu dilakukan adalah melakukan permodelan. Pada saat ini permodelan elemen hingga telah dilakukan bantuan perangkat lunak dan komputer. Adapun tahapan yang perlu dilakukan secara garis besar menjadi sebagai berikut:

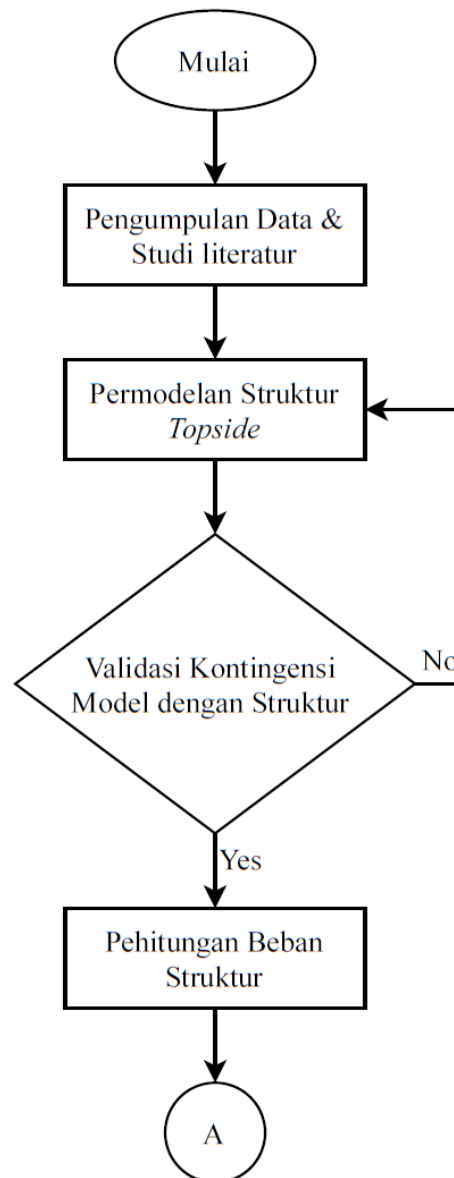
Analisa merupakan langkah terakhir dalam tahapan analisa metode elemen hingga. Analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *FEM* (*Finite Element Method*). Jenis analisa yang dapat dilakukan juga bervariasi dari jenis analisa statik, dinamis maupun perpindahan panas.

BAB III

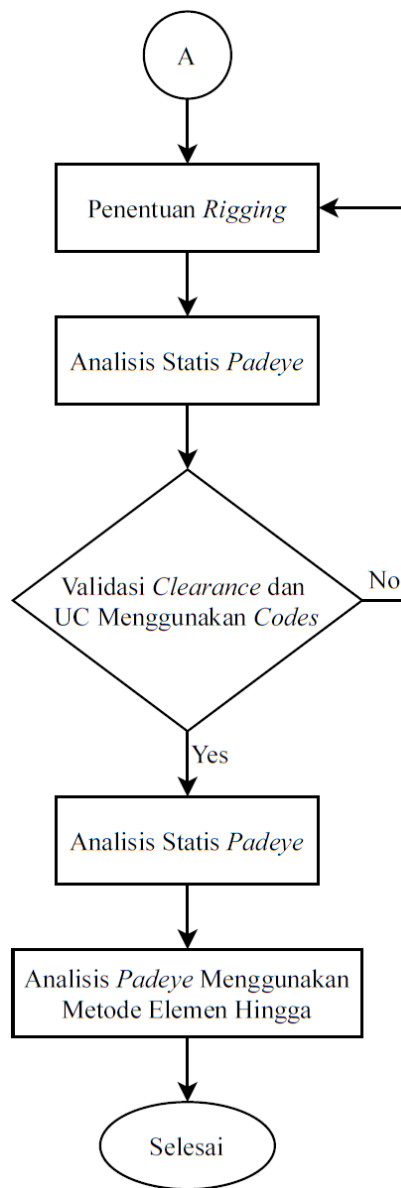
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Langkah-langkah pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1** berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur ditujukan untuk mendapatkan referensi yang menunjang pengerjaan tugas akhir. Juga dilakukan pengumpulan data dari *rigging* dan struktur *topside* yang akan dikerjakan.

2. Permodelan struktur dilakukan menggunakan *software* SACS untuk menganalisis struktur *topside* secara global.
3. Beban per titik angkat yang telah diketahui selanjutnya dilakukan pemilihan alat bantu pada proses *lifting* (*rigging*) yang sesuai terhadap beban pada *hook point* dengan memperhatikan *codes* yang digunakan.
4. Analisis kekuatan struktur dilakukan menggunakan pendekatan statis. Sedangkan untuk pendekatan dinamis hanya dilakukan menggunakan faktor pengali dari DAF(*Dynamic Amplification Factor*).
5. Tegangan yang telah diperoleh dari analisis statis pada proses *lifting* dibandingkan dengan tegangan ijin sesuai dengan *codes* yang digunakan untuk menentukan kuat tidaknya struktur tersebut. Bila tidak memenuhi syarat maka harus mengulaangi langkah ke-.
6. Analisis yang dilakukan terhadap *padeye* secara lokal menggunakan bantuan *software* ANSYS. Analisis dilakukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi di *padeye* pada saat *lifting*.
7. Membuat kesimpulan hasil analisis.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam analisis pada tugas akhir ini adalah data *topside wellhead platform* yang didapatkan dari *structural drawing*. Data beban *equipment* pada struktur *topside* disajikan dalam **Tabel 4.1** dan data titik berat struktur disajikan dalam **Tabel 4.2** berikut:

Tabel 4.1. Data *Equipment Topside Wellhead*

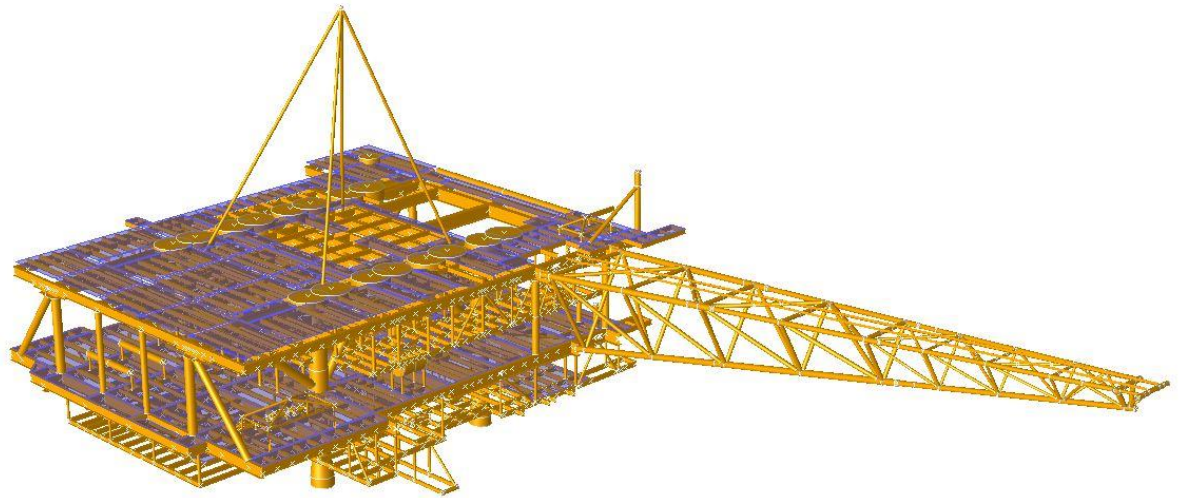
Item No.	Description	Cont. (%)	Factored Weight
1	Topside Structure	7	593.58
2	Architectural	7	7.44
3	Piping	7	210.66
4	Mechanical	7	108.04
5	Instrument	10	76.88
6	Telecommunication	10	0.67
7	Electrical	10	30.98
8	Safety	10	4.53
9	Installation Aids	15	63.25
Total			1,456.03

Tabel 4.2. Data Titik Berat awal

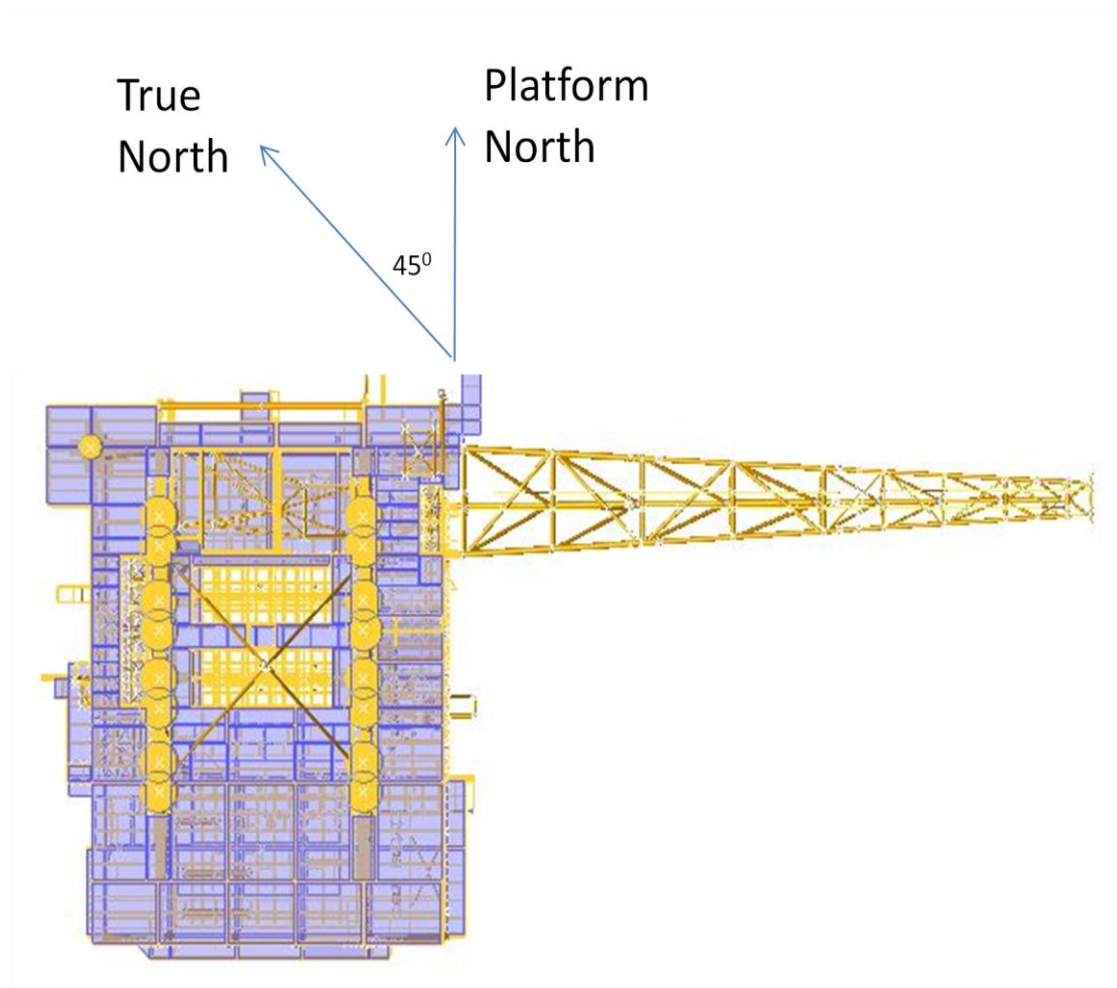
Factored Operation Weight (MT)	COG (m)			Platform North (⁰)
	X	Y	Z	CCW
1,456.03	1.69	0.16	20.26	45 ⁰

4.2 Permodelan Struktur *Topside*

Selanjutnya dilakukan proses memodelkan struktur *topside wellhead* di *software* SACS sesuai dengan data yang telah diperoleh. Hasil dari permodelan struktur *topside wellhead* dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2**.



Gambar 4.1. Model *Struktur Topside* oleh SACS



Gambar 4.2. Orientasi *Platform*

Kemudian dilakukan validasi dengan membandingkan data yang didapatkan dari *structural drawing* dengan model struktur dari SACS. Ada dua perbandingan yang dilakukan, yaitu perbandingan antara berat model struktur dengan struktur yang sebenarnya dan perbandingan antara titik berat dari model struktur dengan struktur yang sebenarnya. Hasil dari perbandingan dari beban struktur *topside* antara data aktual struktur dengan model yang dibuat menggunakan *software* SACS dapat dilihat pada **Gambar 4.3** sedangkan perbandingan titik berat struktur *topside* dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

Tabel 4. 3. Perbandingan Beban Struktur *Topside*

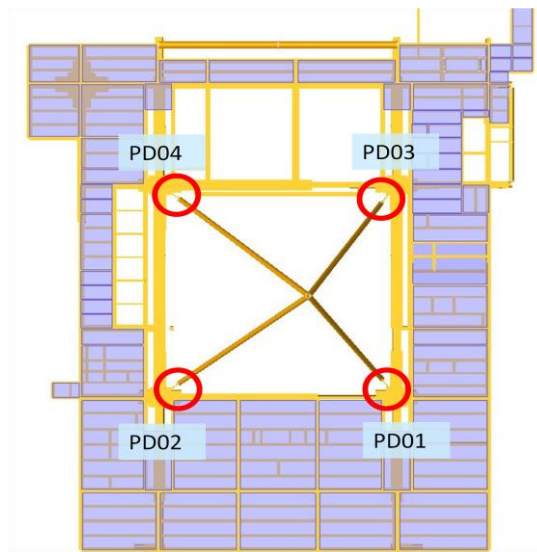
Load case	Description	Weight (T)		Contingency		Difference	
		WCR	SACS	%	T	%	T
104	Topside	953.58	989.633	7	66.75	3.78	36.053
201							
202							
205	Architectural	7.44	6.957	7	0.52	6.49	0.483
404	Piping	210.66	199.59	7	14.75	5.25	11.07
401	Mechanical	108.04	106.473	7	7.56	1.45	1.567
403	Instrument	76.88	79.321	10	7.69	3.18	2.441
402	Telecommunication	0.67	0.605	10	0.07	9.70	0.065
406	Electrical	30.98	29.784	10	3.10	3.86	1.196
405	Safety	4.53	4.091	10	0.45	9.69	0.439
207	Installation Aids	63.25	59.91	15	9.49	5.28	3.34
Total		1456.03	1476.364			20.334	1.40

Tabel 4. 4. Perbandingan Titik Berat Struktur *Topside*

Description	Center of Gravity		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
WCR	1.69	0.16	20.26
SACS	1.944	1.179	19.997

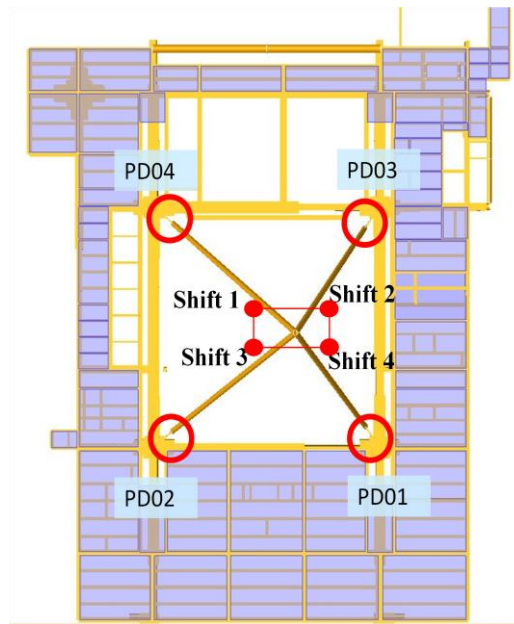
4.3 Perhitungan Beban Struktur dan Titik Berat

Berdasarkan data yang diperoleh, *lifting point* terletak pada elevasi vertikal setinggi 16.7 meter dari *deck* teratas struktur *topside*. Kemudian *hook point* yang merupakan titik peletakan *rigging* yang juga merupakan lokasi *padeye* berada pada *main deck* dengan posisi sebagaimana ditunjukkan oleh lingkaran merah pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3. Lokasi *Hook Point*

Setelah *hook point* ditentukan, dilakukan perhitungan pergeseran titik berat struktur. Perhitungan dilakukan karena mempertimbangkan keamanan dari pergeseran titik berat yang terjadi pada proses *lifting*. Berdasarkan ISO 19901-5 bagian 5, *CoG envelope* memiliki panjang 5% dari panjang dan lebar struktur utama yang titik pusatnya mengacu pada *lifting point*. Titik *CoG envelope* dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4. 4. Lokasi *CoG Envelope*

4.3.1 Penentuan Beban

Setelah koordinat *hook point* ditentukan maka dilakukan perhitungan terhadap beban terpusat yang diterima oleh tiap *hook point* dengan mempertimbangkan pergeseran titik berat struktur. Yang nantinya akan dipilih beban terbesar dari *hook point* yang diterima pada saat lifting sebagai beban acuan yang digunakan dalam analisis *padeye* serta penentuan *rigging* dengan mempertimbangkan pergeseran titik berat yang terjadi.

Tabel 4. 5. Nilai beban yang bekerja

Lifting Point	Center of Gravity					Max Reaction
	Initial	Shift 1	Shift 2	Shift 3	Shift 4	
PD01	464.29	413.63	504.38	423.17	516.01	516.01
PD02	280.71	322.88	232.13	330.33	237.49	330.33
PD03	443.12	404.09	492.74	394.55	481.11	492.74
PD04	267.91	315.43	226.78	307.99	221.43	315.43

Dari tabel diatas didapatkan beban yang diterima di tiap *hook point* dan dipilih satu beban terbesar yaitu pada titik PD01 sebesar 516.01 T.

4.4 Penentuan Rigging

4.4.1 Pemilihan Sling

Pemilihan sling mengacu kepada beban terbesar yang terdapat pada *hook point* dalam proses *lifting* dengan kapasitas SWL(*safety working load*) yang lebih besar dari beban terbesar yang diterima pada *hook point*. Spesifikasi *sling* yang dipilih dapat dilihat pada **Tabel 4.6** yang telah ditandai oleh lingkaran merah.

Tabel 4. 6. Kapasitas dan ukuran *Sling* (Katalog Offshore Pte, Ltd)

Sling Diameter		WLL	Unit Weight
(inch)	(mm)	(metric tons)	(kg/m)
10.6	268	1387	218
11.1	283	1494	232
11.1	283	1548	248
11.4	289	1574	253
11.9	301	1746	282
12.0	306	1827	288
12.5	318	2011	320

Kemudian dilakukan pengecekan kapasitas *sling* pada kondisi statis dengan faktor pengali yaitu DAF, *contingency*, *skew load*, *yaw*, dan LAF. Hasil dari analisis tersebut dalam **Tabel 4.7**.

Tabel 4. 7. *Sling Capacity Check*

Equipment	Load (T)	Factor	Factored Load (T)	SWL	Safety Factor	Mark
Sling	516.01	1.5	767.46	1574	2.05	OK!

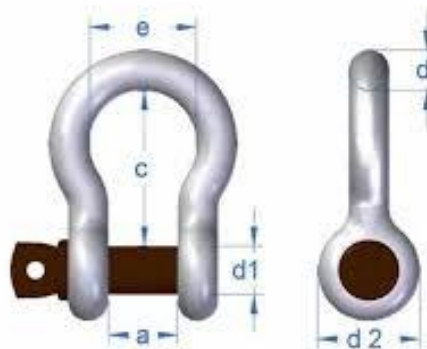
Dari tabel hasil perhitungan tersebut dapat dibuktikan bahwa *sling* dengan SWL 1574 T yang dipilih aman untuk digunakan pada proses *lifting topside* dalam kondisi statis.

4.4.2 Pemilihan Shackle

Sama seperti cara memilih *slings*, pemilihan *shackle* juga berdasarkan beban terbesar yang terdapat pada *hook point* dengan kapasitas SWL yang lebih besar daripada beban yang telah dikalikan dengan *Factor*. Ukuran dan Kapasitas *shackle* yang dipilih dapat dilihat pada tanda yang terdapat pada **Tabel 4.8** dengan spesifikasi dimensi *shackle* yang ditampilkan oleh **Tabel 4.9** dan diperjelas dengan gambar *shackle* yang ditampilkan pada **Gambar 4.5**.

Tabel 4. 8. Kapasitas dan ukuran *Shackle*(S-2160 SWB, Crosby)

Working Load Limit (t)*	Stock No.		Weight Each (lb)	Dimensions (in)													Effective Body Diameter
	G-2160	S-2160		A	B +/- .25	C	D +/- .02	E	G	H	J	K	M	N	P	R	
7	1021256	1021548	4.0	4.14	1.25	.69	.88	1.82	1.25	3.56	1.60	1.25	-	-	4.10	5.87	2.1
12.5	1021265	1021557	8.8	5.38	1.69	.92	1.13	2.38	1.37	4.63	2.13	1.63	-	-	5.51	7.63	2.4
18	1021274	1021566	14.9	6.69	2.03	1.16	1.38	2.69	1.50	5.81	2.50	2.00	-	-	6.76	9.38	2.8
30	1021283	1021575	26.5	7.69	2.37	1.38	1.63	3.50	2.50	6.94	3.13	2.50	-	-	8.50	11.38	4.1
40	1021285	1021584	46.0	9.28	2.88	1.69	2.00	4.00	1.75	8.06	3.75	3.00	-	-	10.62	13.62	3.6
55	1021287	1021593	68.0	10.36	3.25	2.00	2.25	4.63	2.00	9.36	4.50	3.50	-	-	12.26	15.63	4.3
75	1022101	-	112	15.04	4.13	2.12	2.75	5.34	3.75	11.53	5.00	3.64	4.00	1.80	12.28	18.66	6.3
125	1022110	-	193	17.70	5.12	2.66	3.15	6.50	3.75	14.37	5.91	4.33	4.00	1.80	15.47	23.00	6.8
200	1022118	-	420	19.35	5.91	2.94	4.12	8.41	5.25	18.91	8.56	5.42	4.00	1.80	20.47	30.44	9.5
300	1022127	-	805	22.61	7.38	3.84	5.25	10.50	6.13	23.63	10.38	6.31	4.00	1.80	24.00	37.66	11.4
400	1021334	-	1143	30.27	8.66	5.16	6.30	12.56	7.99	22.64	12.60	7.28	4.00	1.80	27.17	38.78	14.3
500	1021343	-	1439	33.35	9.84	5.73	7.09	13.39	8.09	24.81	13.39	8.86	4.00	1.80	31.10	42.72	14.8
600	1021352	-	2132	36.02	10.83	6.23	7.87	15.50	13.00	27.56	14.57	9.74	5.75	2.25	34.05	47.24	20.3
700	1021361	-	2579	38.91	11.81	6.59	8.46	17.03	8.87	28.94	15.75	10.63	5.75	2.25	37.01	50.18	16.6
800	1021254	-	3025	41.66	12.80	7.30	9.06	17.69	9.76	29.53	16.54	10.92	5.75	2.25	38.39	52.09	18.0
900	1021389	-	3678	43.73	13.78	7.78	9.84	18.81	13.00	29.82	18.81	11.52	5.75	2.25	40.35	54.59	22.4
1000	1021370	-	4079	45.98	14.96	8.33	10.63	20.00	10.26	29.92	18.11	12.11	5.75	2.25	42.32	55.31	19.3
1250	1021272	-	5320	49.86	16.99	9.16	11.81	22.56	13.92	36.61	20.87	12.70	-	-	46.26	65.35	24.4
1550	1021281	-	8302	54.89	18.31	11.10	12.60	24.25	12.52	42.32	22.82	13.29	-	-	51.81	74.63	23.9



Gambar 4. 5. Dimensi *Shackle*

Tabel 4. 9. Dimensi *Shackle* (S-2160 Shackle Wide Body, Crosby)

Parameter	Symbol	Value	Unit
MBL		1550	MT
Inside Length (c)	Lsh	1074.4	mm
Jaw Width (a)	Wsh	465.1	mm
Pin Diameter (d1)	Dsh	320.0	mm

Selanjutnya, sama seperti pengecekan *clearance* pada *sling*, dilakukan pengecekan kapasitas *shackle* dalam kondisi statis dengan faktor pengali yaitu *DAF* (*Dynamic Amplification Factor*), *contingency factor*, *skew load factor*, dan *yaw factor* yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.10.**

Tabel 4. 10. *Shackle capacity check*

Equipment	Load (T)	Factor	Factored Load (T)	SWL	Safety Factor	Mark
Shackle	516.06	1.5	767.46	1550	2.02	OK!

Dari perhitungan kapasitas *shackle* pada tabel, dibuktikan bahwa *shackle* dengan SWL 1550 T yang dipilih aman untuk digunakan pada proses *lifting topside* pada kondisi statis

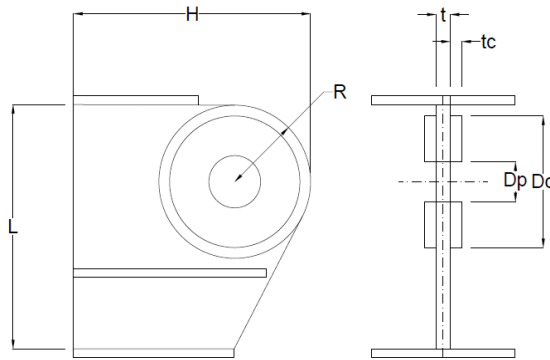
4.5 Analisis Statis Padeye

4.5.1 Geometry Check

Model struktur *padeye* merupakan model dari *Drawing* yang diperoleh dari perusahaan terkait, namun diperlukan modifikasi pada bagian diameter *pinhole* dari *padeye* menyesuaikan dengan ukuran *shackle* yang digunakan. Ukuran dan dimensi *padeye* disajikan pada **Tabel 4.11.** dan diperjelas dengan keterangan pada **Gambar 4.6.**

Tabel 4. 11. Dimensi *Padeye*

Parameter	Symbol	Value	Unit
Pinhole Diameter	De	325	mm
Main Plate Thickness	t	80	mm
Main Plate Radius	R	425	mm
Cheek Plate Thickness	tc	65	mm
Cheek Plate Diameter	Dc	730	mm
Padeye Total Height	H	1355	mm
Length of Base Plate	L	1325	mm



Gambar 4. 6. Dimensi *padeye*

Kemudian dilakukan pengecekan terhadap *clearance* antara dimensi *padeye* dengan dimensi *shackle* dan *sling* yang harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Merujuk kepada DNV 0027/ND Rev.10 yang menyatakan bahwa jari-jari plat *padeye* harus lebih besar dari 1.25 kali diameter *pinhole* dan diameter *pinhole* harus 2mm atau 3% lebih lebar daripada diameter pin *shackle*. Perhitungan *clearance* disajikan dalam **Tabel 4.12.**

Tabel 4. 12. *Padeye Clearance Check*

Parameter	Symbol	Formula	Value	Units
Main Plate Radius	R		425	mm
Diameter of eye pinhole	Dp		325	mm
Check: $R > 1.25 D_e$			OK!	

Diameter of eye pinhole	Dp		325	mm
Pin Diameter	Dsh		320.04	mm
Clearance between Pinhole dia and pin dia	δD	De - Dsh	4.96	mm
Pinhole should be 2mm or 3% larger than pin diameter			OK!	

Berdasarkan tabel diatas, *clearance* antara dimensi *padeye* dengan dimensi *shackle* telah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

4.5.2 Stress Check pada Pinhole

Perhitungan tegangan pada *pinhole* bertujuan untuk mengetahui kekuatan *padeye* khususnya pada bagian *pinhole* dengan perbandingan antara tegangan yang terjadi pada penampang terhadap tegangan ijin dari masing-masing tegangan yang ditinjau. Beban yang digunakan dalam perhitungan adalah beban terbesar yang diterima oleh *slings* pada perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 516.01 Ton.

4.5.2.1 Bearing Stress pada Pinhole

Perhitungan dari tegangan tumpu (*bearing stress*) pada *pinhole* disajikan dalam **Tabel 4.13**.

Tabel 4. 13. Perhitungan *bearing stress* pada *pinhole*

Bearing Load (MT)	Bearing Area (mm ²)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
774.011	26403.3	287.48	463.5	0.62	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa tegangan tumpu yang terjadi pada *pinhole* sebesar 287.48 MPa yang berada dibawah tegangan ijin yang ditetapkan pada AISC ASD *section* J8 (2010) yaitu sebesar 0.9 dari *material yield stress* yang bila dikonversikan dalam tegangan menjadi 463.5 Mpa dengan UC sebesar 0.62 dan dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.5.2.2 Shear Stress pada Pinhole

Perhitungan dari tegangan geser (*shear stress*) pada *pinhole* disajikan dalam **Tabel 4.14**.

Tabel 4. 14. Perhitungan *shear stress* pada *pinhole*

Shear Load (MT)	Shear Area (mm ²)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
774.01	174507.1429	43.50	206	0.21	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa tegangan geser yang terjadi pada *pinhole* sebesar 43.5 MPa berada dibawah tegangan ijin yang ditetapkan pada AISC ASD *section* F4-1 (2010) yaitu sebesar 0.4 dari *material yield stress* yang bila dikonversikan dalam tegangan menjadi 206 Mpa dengan UC sebesar 0.21 dan dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.5.2.3 Tensile Stress pada Pinhole

Perhitungan dari tegangan tarik (*tensile stress*) pada *pinhole* disajikan dalam **Tabel 4.15**.

Tabel 4. 15. Perhitungan *tensile stress* pada *pinhole*

Design Load (MT)	Tensile Area A-A (mm ²)	Actual Stress A-A (Mpa)	Tensile Area B-B (mm ²)	Actual Stress B-B (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
774.01	26400	0.029	113885.71	66.65	257.5	0.26	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa tegangan tarik yang terjadi pada *pinhole* sebesar 0.029 MPa pada luasan potongan melintang A-A dan pada luasan potongan melintang B-B tegangan yang terjadi sebesar 66.65 Mpa yang berada dibawah tegangan ijin yang ditetapkan pada AISC ASD

section D3-1 (2010) yaitu sebesar 0.45 dari *material yield stress* yang bila dikonversikan dalam tegangan menjadi 257.5 Mpa dengan nilai UC sebesar 0.26 dan dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.5.3 Stress Check pada Plat Padeye

Perhitungan selanjutnya yaitu peninjauan terhadap tegangan yang terjadi pada plat utama *padeye*. Perhitungan yang dilakukan pada plat adalah perhitungan *tensile stress*, *shear stress*, dan *bending stress*. Setelah besar tegangan yang terjadi telah diketahui, selanjutnya membandingkannya dengan tegangan ijin yang bekerja pada tiap tegangan yang ditinjau untuk mengetahui kekuatan plat *padeye*. Besar beban yang digunakan adalah beban terbesar yang diterima *sling* pada perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 516.01 Ton

4.5.3.1 Tensile Stress pada Plat

Perhitungan dari tegangan tarik (*tensile stress*) pada plat *padeye* disajikan dalam **Tabel 4.16**.

Tabel 4. 16. Perhitungan *tensile stress* pada plat *padeye*

Tensile Load (MT)	Tensile Area (mm ²)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
516.01	234000	21.62	309	0.07	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa tegangan tarik yang terjadi pada plat *padeye* sebesar 21.62 MPa berada dibawah tegangan ijin yang ditetapkan pada AISC ASD *section D-1 (2010)* yaitu sebesar 0.6 dari *material yield stress* yang bila dikonversikan dalam tegangan menjadi 309 Mpa dengan UC sebesar 0.07 dan dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.5.3.2 Shear Stress pada Plat

Pada perhitungan tegangan geser pada plat utama dari *padeye* dilakukan dua peninjauan luasan, yaitu pada luasan vertikal yang searah dengan sumbu y dan luasan horizontal yang searah dengan sumbu x dari plat utama *padeye*. Perhitungan dari tegangan geser (*shear stress*) pada plat *padeye* disajikan dalam **Tabel 4.17**.

Tabel 4. 17 Perhitungan *shear stress* pada plat *padeye*

Horizontal Shear Load (MT)	Shear Area (mm ²)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
205.025	234000	8.592	206	0.042	OK!

Lateral Shear Load (MT)	Shear Area (mm ²)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
243.73	234000	10.21	206	0.05	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa tegangan tarik pada sumbu Y plat *padeye* sebesar 8.592 MPa dan pada sumbu X plat *padeye* sebesar 10.21 MPa berada dibawah tegangan ijin yang ditetapkan pada AISC ASD *section* F4-1 (2010) yaitu sebesar 0.4 dari *material yield stress* yang bila dikonversikan dalam tegangan menjadi 206 Mpa dengan UC sebesar 0.042 dan 0.05. Oleh karena itu dapat dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.5.3.3 Bending Stress pada Plat

Perhitungan dari tegangan lentur (*bending stress*) pada plat *padeye* disajikan dalam **Tabel 4.18**.

Tabel 4. 18. Perhitungan *bending stress* pada plat *padeye*

Design Moment (MT-mm)	In-plane Inertia Moment (m ³)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
442162226.5	62032083333	69.90	309	0.23	OK!

Design Moment (MT-mm)	Out-plane Inertia Moment (m ³)	Actual Stress (Mpa)	Allowed Stress (Mpa)	UC	Remark
667414.68	22976383333	0.285	309	0.001	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa tegangan lentur yang sejajar dengan sumbu X pada plat *padeye* sebesar 69.9 MPa dan tegangan lentur yang sejajar dengan sumbu Y pada plat *padeye* sebesar 0.285 MPa berada dibawah tegangan ijin yang ditetapkan pada AISC ASD *section* F1-1 (2010) yaitu sebesar 0.6 dari *material yield stress* yang bila dikonversikan dalam tegangan menjadi 309 Mpa dengan UC sebesar 0.23 dan 0.01. Oleh karena itu dapat dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.5.4 Combined Stress

Setelah dilakukan perhitungan tegangan yang bekerja pada plat *padeye* dan *pinhole*, mengacu kepada AISC H2-1 perlu dilakukannya perbandingan tegangan ijin dengan tegangan yang terjadi pada *axial stress*, *in-plane bending stress*, dan *out-plane bending stress*. Yang kemudian dikombinasikan dan nilainya harus kurang atau sama dengan satu. Perhitungan kombinasi tegangan disajikan pada **Tabel 4.19**.

Tabel 4. 19. Perhitungan kombinasi tegangan

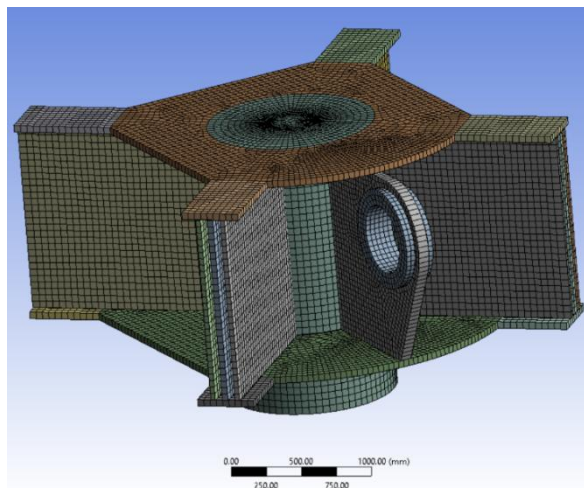
Axial Stress (Mpa)	Allowed Tensile Stress (Mpa)	In-plane Bending Stress (Mpa)	Allowed Bending Stress (Mpa)	Out-plane Bending Stress (Mpa)	Allowed Bending Stress (Mpa)	UC	Remark
66.22	309	69.42	309	0.282	309	0.43	OK!

Dari perhitungan dalam tabel diatas dapat dibuktikan bahwa kombinasi tegangan yang terjadi pada *padeye* memiliki UC sebesar 0.43 yang dinyatakan aman dalam proses *lifting topside* pada kondisi statis.

4.6 Analisis Tegangan Padeye

Pada analisis ini langkah pertama yang dilakukan adalah memodelkan *padeye* dalam bentuk 3 dimensi dengan menggunakan Autocad 2016. Struktur *padeye* saat dimasukkan ke Ansys Workbench 18.1 berbentuk solid, dan memiliki material dengan Baja ASTM A890 yang memiliki *yield stress* sebesar 515 Mpa. Untuk penentuan beban dari *padeye* yang akan dianalisis, berdasarkan pada *sling* yang menerima beban paling berat pada saat *lifting*, yaitu pada *sling* PD01 sebesar 516.01 T.

Hasil dari struktur *padeye* yang dimodelkan dengan menggunakan Aoutocad 3D dan kemudian dikonversikan ke ANSYS Workbench 18.1 ditampilkan dalam **Gambar 4.7**.



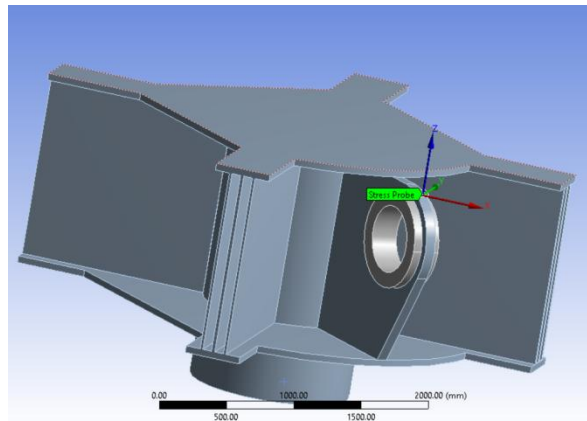
Gambar 4. 7. Model struktur *padeye*

4.6.1 Analisis Sensitifitas Meshing

Analisa *meshing sensitivity* dilakukan untuk mengukur keakuratan tegangan dari pemodelan ANSYS akibat dari penggunaan jumlah elemen. Dalam penentuan tegangan yang terjadi digunakan analisa

tegangan *von mises* untuk mengetahui distribusi tegangan pada padeye akibat pembebanan yang diberikan.

Untuk meninjau perubahan distribusi dari tegangan yang terjadi ditetapkan satu titik *stress probe* pada bagian dari struktur yang banyak mendapat pengaruh gaya. Lokasi *stress probe* pada analisis ini ditunjukkan pada **Gambar 4.5**. Pengertian tegangan *von mises* sendiri adalah tegangan gabungan terhadap semua arah bidang elemen dengan pendekatan matriks. Nilai pembebanan pada analisa menjadi variabel tetap namun penggunaan jumlah elemen divariasikan.



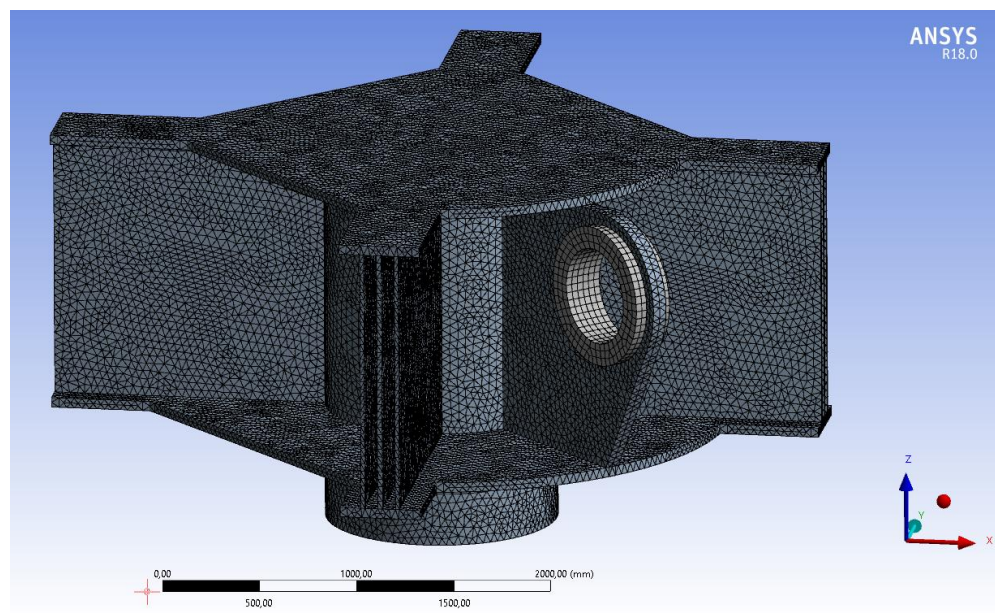
Gambar 4. 8. Lokasi *probe*

Meshing sensitivity analysis ini dilakukan pada *stress probe* yang sama dengan variasi kerapatan *meshing* yang berbeda-beda. Dari hasil tegangan yang dihasilkan, yaitu equivalent stress didapatkan perbedaan hasil yang kurang dari 5%.

Meshing sensitivity analysis dilakukan dengan memberikan 12 variasi *meshing* mulai dari 50 mm hingga 17 mm. Jenis elemen yang digunakan dalam pembentukan *meshing* adalah tetrahedron yang cukup efektif dalam membentuk geometri benda sesuai dengan nodes. Untuk hasil pembentukan *meshing sensitivity* dapat dilihat di **Gambar 4.9**. Hasil perbandingan antara ukuran elemen, jumlah elemen dan tegangan yang terjadi pada padeye dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4. 20. *Meshing sensitivity*

Ukuran Mesh (mm)	Jumlah Nodes	Jumlah Element
50	229581	118478
45	134829	121305
40	244154	126171
35	257603	133322
30	279705	145553
27	298161	154101
24	317888	163717
22	344722	175644
20	370036	187875
19	397312	199588
18	418455	211114
17	442434	222496

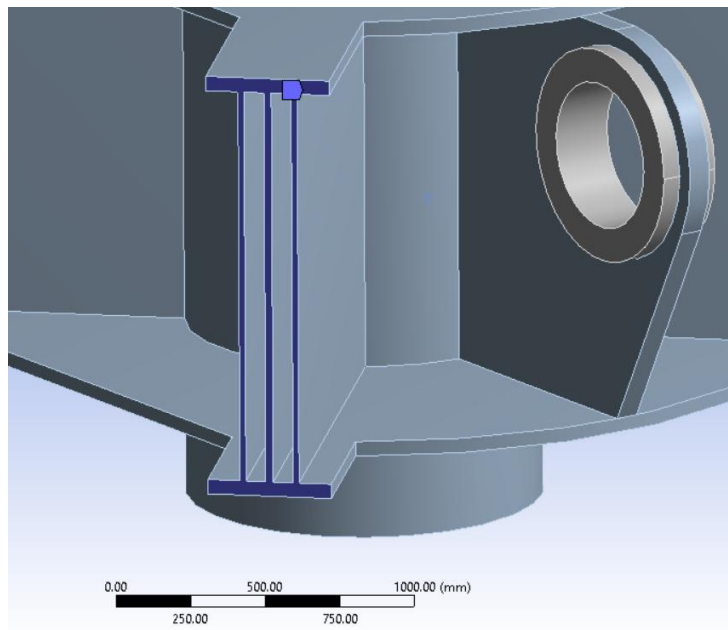


Gambar 4. 9. *Meshing sensitivity*

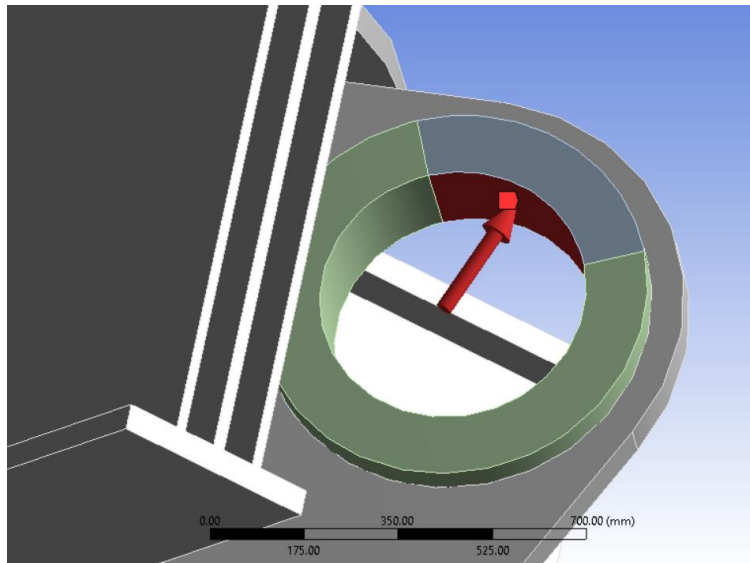
4.6.2 Kondisi Batas yang ditentukan

Pada analisa kekuatan struktur *padeye* ini gaya yang bekerja hanya gaya terbesar yang diterima oleh *hook point*. Selain gaya yang bekerja, diinputkan kondisi batas (*boundary condition*), yaitu pemberian *fixed support* pada setiap ujung *beam* dan bagian bawah *column*. Pemberian *fixed support* dilakukan karena titik tersebut merupakan *joint* dan terhubung dengan *member* lainnya yang menyebabkan titik tersebut tidak akan bergeser. yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10**.

Kemudian dilakukan pemberian gaya untuk analisis yang dilakukan pada ANSYS yang merupakan gaya terbesar yang diterima oleh *hook point* yang diketahui dari analisis dalam perhitungan yang bekerja pada *hook point*, terhadap model *padeye* berupa koordinat sistem untuk *input* gaya. Setelah itu, dengan memasukkan gaya pada *padeye* sesuai dengan komponen terhadap sumbu masing-masing gaya yang didapatkan dari resultan gaya yang bekerja. Sistem *input* gaya dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



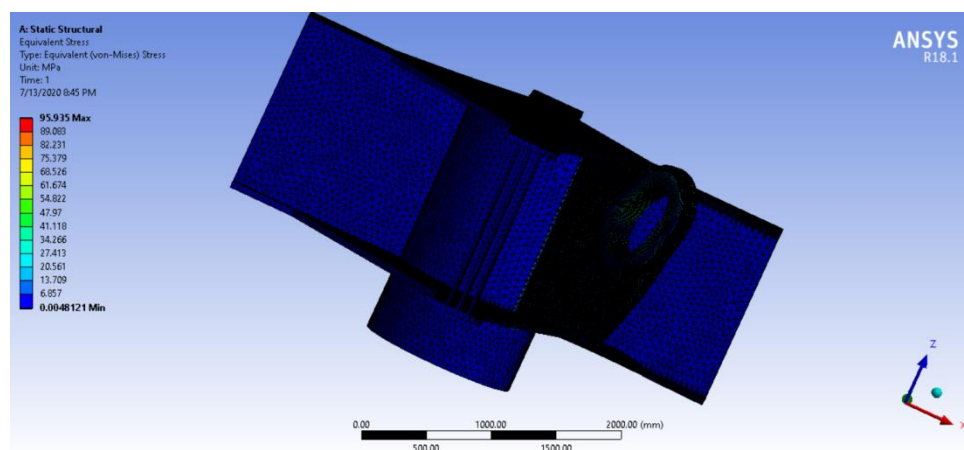
Gambar 4. 10. Lokasi *fixed support*



Gambar 4. 11. Komponen gaya yang bekerja pada *padeye*

4.6.3 Hasil Analisis Tegangan Padeye

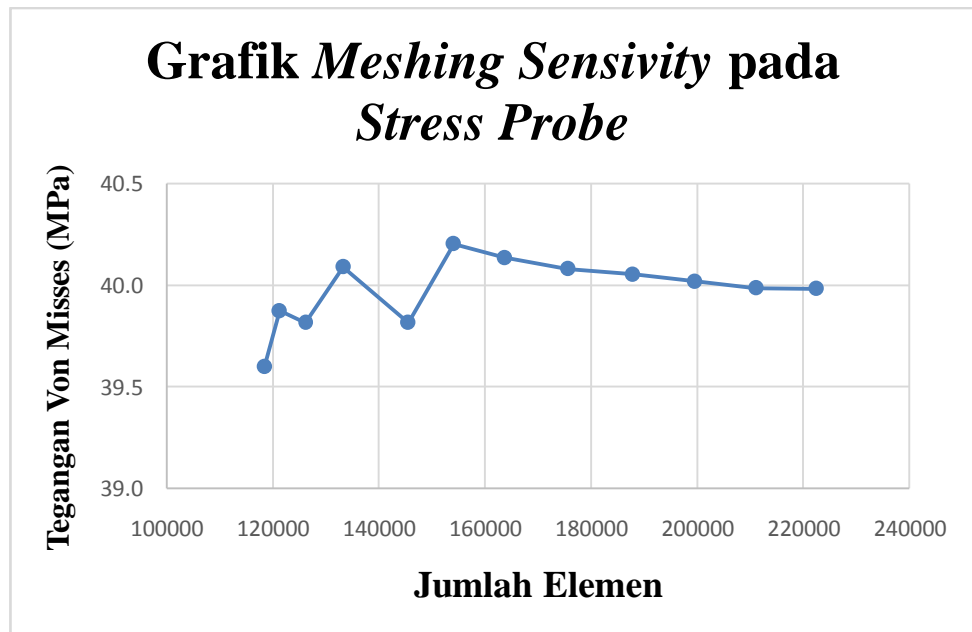
Setelah gaya yang bekerja telah dimasukkan, selanjutnya dilakukan analisis menggunakan ANSYS Workbench 18.1 dan hasil tegangan yang terjadi di *padeye* dapat dilihat pada **Gambar 4.12** dan disajikan pada **Tabel 4.21**. Hasil dari tegangan yang terjadi pada *stress probe* akibat variasi *meshing* disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 4.13**. Sedangkan hasil tegangan yang terjadi pada struktur *padeye* dari yang terbesar ke terkecil pada variasi *meshing* 20 mm disajikan dalam **Tabel 4.22**.



Gambar 4. 12. Hasil analisis tegangan pada *padeye*

Tabel 4. 21. Hasil tegangan von mises pada *stress probe*

Ukuran Mesh (mm)	Jumlah Nodes	Jumlah Element	Tegangan Von Mises (Mpa)	Difference (%)
50	229581	118478	39.599	-
45	134829	121305	39.874	0.275
40	244154	126171	39.817	0.057
35	257603	133322	40.091	0.274
30	279705	145553	39.816	0.275
27	298161	154101	40.205	0.389
24	317888	163717	40.136	0.069
22	344722	175644	40.082	0.054
20	370036	187875	40.054	0.028
19	397312	199588	40.02	0.034
18	418455	211114	39.987	0.033
17	442434	222496	39.984	0.003



Gambar 4. 13. Grafik Hasil Analisis *Padeye*

Tabel 4. 22. Tegangan von mises yang terjadi

No.	Besar Tegangan (Mpa)
1	94.801
2	88.029
3	81.258
4	74.487
5	67.715
6	60.944
7	54.173
8	47.401
9	40.630
10	33.859
11	27.087
12	20.316
13	13.545
14	6.773
15	0.0018751

Hasil dari analisis tegangan yang terjadi pada *padeye* didapatkan *Equivalent Von-Mises Stress* terbesar sebesar 94.801 MPa. Tegangan ijin yang bekerja untuk baja ASTM A 890 adalah sebesar 345.72 MPa.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis kekuatan padeye pada proses *loadout* struktur *topside wellhead*. Didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam analisis proses *lifting* struktur *topside* dengan berat total 1456.03T ini, pergeseran titik berat sangat mempengaruhi besar beban yang terjadi pada tiap *lifting point*. Beban terbesar yang didapatkan oleh tiap *lifting point* adalah 516.01 T pada joint PD01 ketika berada di *CoG shift* 4. Gaya yang bekerja pada rigging sebesar 747,49 T diperoleh dari reaksi terbesar yang diterima *lifting point* sebesar 516.01 T yang dikalikan dengan faktor pengali yang terdiri dari beberapa faktor dinamis sebesar 1,49. Sling yang digunakan memiliki SWL sebesar 1574 MT dengan safety factor sebesar 2.05. Shackle yang digunakan memiliki SWL sebesar 1550 MT dengan safety factor sebesar 2.02.
2. Proses *lifting* menggunakan struktur *padeye* sebagai alat bantu pengangkatan dengan beban maksimal yang terjadi pada *lifting point* PD01 sebesar 516.01 T. struktur *padeye* itu sendiri memiliki panjang total sepanjang 1355 mm dan panjang total *base plate* sepanjang 1325 mm. Jari-jari *main plate* sepanjang 425 mm, jari-jari *pinhole* sepanjang 325 mm, dan jari-jari *cheek plate* sepanjang 365 mm. Untuk ketebalannya struktur ini memiliki 80 mm untuk *main platenya* dan 65 mm untuk *cheek platenya*. Dengan pengecekan *clearance* antara jari-jari radius utama padeye yang tidak boleh kurang dari 1,25 diameter pinhole. Serta selisih antara diameter *pinhole* yang harus lebih dari 2mm atau 3% lebih besar dari *pin* dari *shackle* yang mengacu pada DNVGL-0027/ND
3. Analisis lokal pada struktur *padeye* dilakukan dengan menggunakan

ANSYS Workbench dan didapatkan hasil *equivalent von-mises stress* sebesar 94.801 MPa, dengan tegangan ijin pada material Baja ASTM A890 sebesar 345.72 MPa.

5.2. Saran

1. Jika dilakukan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan penambahan *stiffener* sebagai struktur penunjang *padeye* .
2. Perlu dilakukannya analisis kekuatan dan pengujian dari crane pada saat operasi loadout dengan mempertimbangkan jumlah dan kapasitas crane

DAFTAR PUSTAKA

- API RP 2A WSD 21st edition, 2007, *Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platform*, Washington DC, American Petroleum Institute
- AISC, 2010, **ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings**, Chicago, American Institute of Steel Construction.
- DNV OS-H205 Lifting Operations, 2014. **Rules of Planning and Execution of Marine Operations**, Norway, : Det Norske Veritas
- DNVGL-ST-N001, 2016. **Marine Operations and Marine Warranty**. Norway, s.l.:Det Norske Veritas.
- El-Reedy, Mohammed A, 2015. *Marine Structural Design Calculation*, : Elvesier
- Fauzan, D., 2007, *Analisa Loadout Jacket Kerisi Conocophilips Indonesia*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Departemen Teknik Kelautan-ITS.
- GL 0001-ND rev1,1, 2016, **General Guidelines for Marine Projects**, Recommended Practice, Germanischer Lloyd.
- GL 0013-ND rev11,2, 2016, **General Guidelines for Marine Projects**, Recommended Practice, Germanischer Lloyd.
- Gorat, M. L. P., 2017, *Analisis Stabilitas Crane Barge saat Operasi Heavy Lifting*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Departemen Teknik Kelautan-ITS.
- Novanda, A. K, 2012. *Analisis Lifting Topside Platform dengan Pendekatan Dinamik Berbasis Resiko*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Jurusan Teknik Kelautan-ITS.
- Perdana, R. S., 2019, *Analisis Proses Lifting dan Lowering pada Reparasi Pipeline Metode Above Water Tie-In*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Departemen Teknik Kelautan-ITS.
- Popov, E. P, 1984, **Mechanics of Materials vol. 2**, California, Associate Research Scientist Lockheed Missiles & Space Company.
- Raharjaning, I. G. R., 2016, *Analisis Keandalan Struktur Padeye Berdasarkan Konfigurasi Rigging Pada Lifting Upper Deck Modul Modec Dengan Pendekatan Dinamik*, Laporan Tugas Akhir,

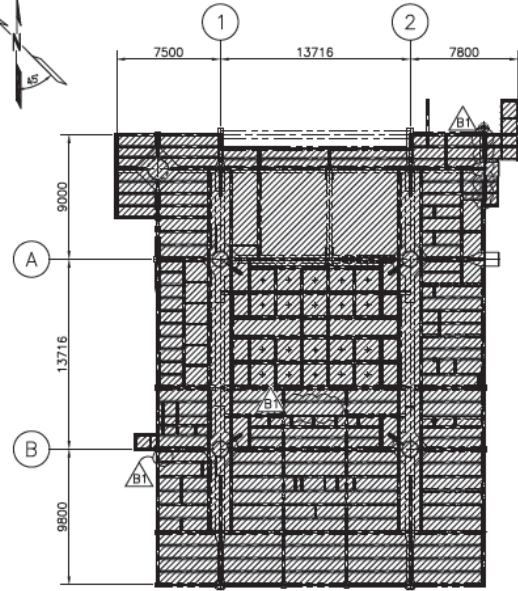
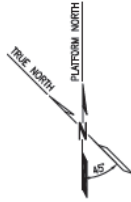
Surabaya, Departemen Teknik Kelautan-ITS.

Simatupang, R. P, 2008, *Analisa Struktur Padeye pada Proses Lifting Deck Structure*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Jurusan Teknik Kelautan-ITS.

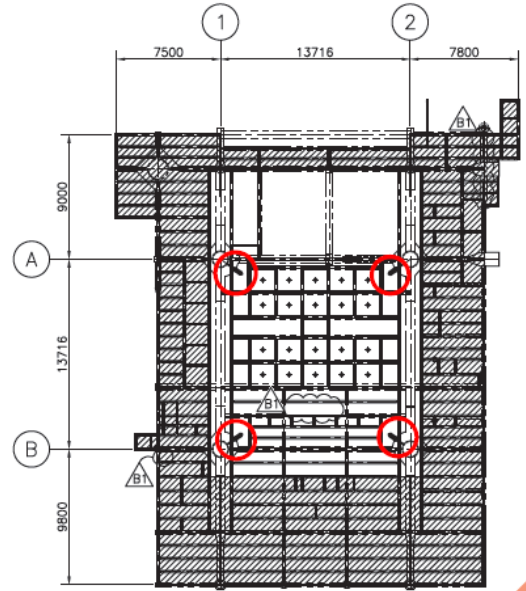
Sukma, B. A. D, 2019, *Analisa Kekuatan Struktur Padeye Saat Lifting Loadout Struktur Topside Wellhead Platform*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Departemen Teknik Kelautan-ITS.

Yansah, A. R., 2016, *Analisis konfigurasi Rigging dan Padeye pada saat Proses Installation Deck Struktur ULA Platform denan Cara Lifting*, Laporan Tugas Akhir, Surabaya, Departemen Teknik Kelautan-ITS.

LAMPIRAN A
DATA STRUCTURAL DRAWING

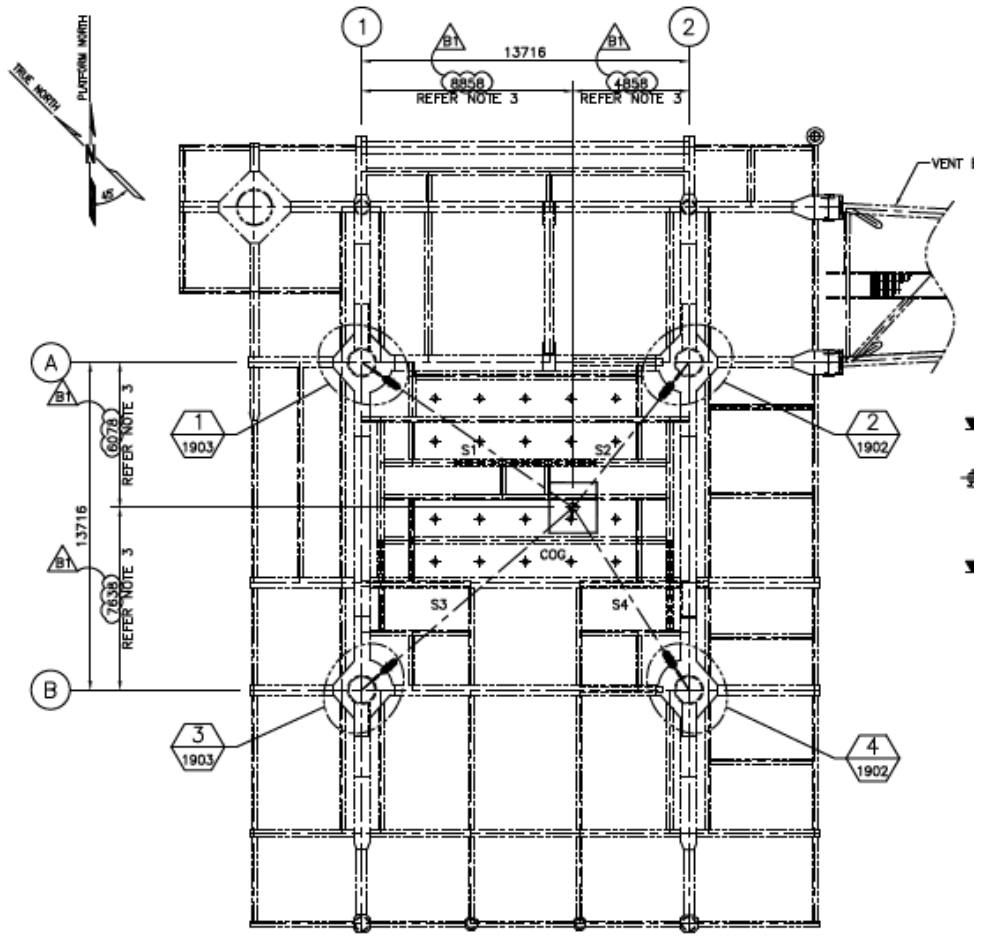


CASE I
UPPER DECK PLAN AT TOS EL(+) 24300



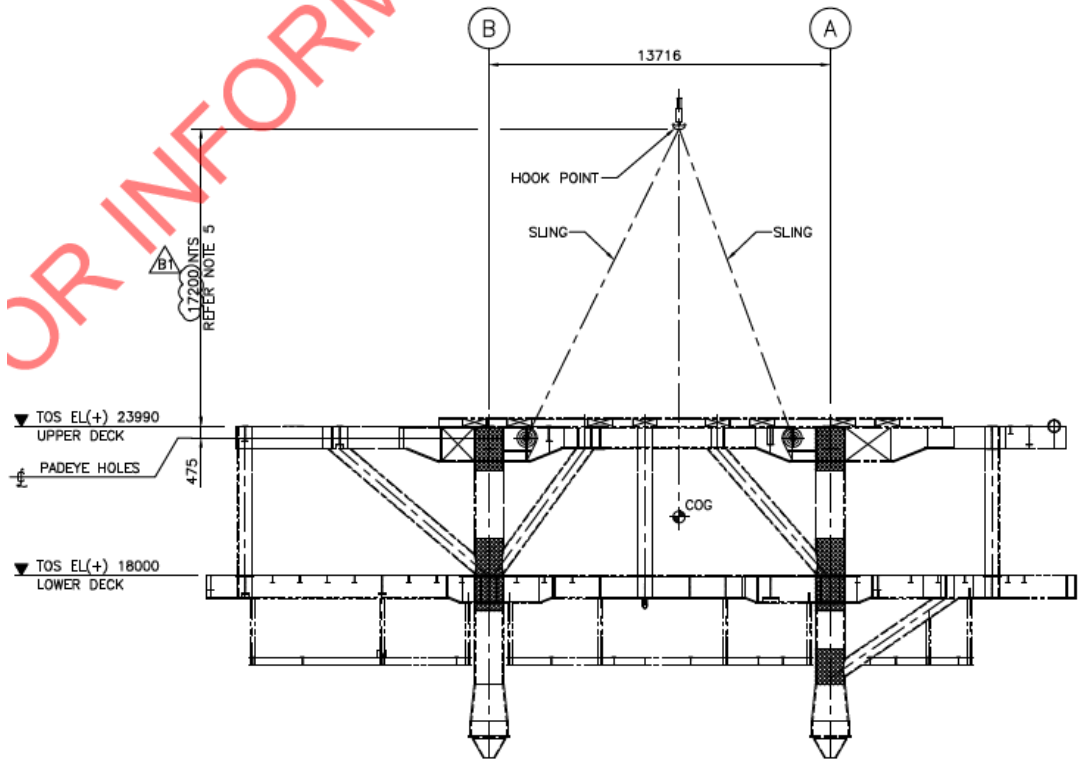
CASE II
UPPER DECK PLAN AT TOS EL(+) 24300

UNAT

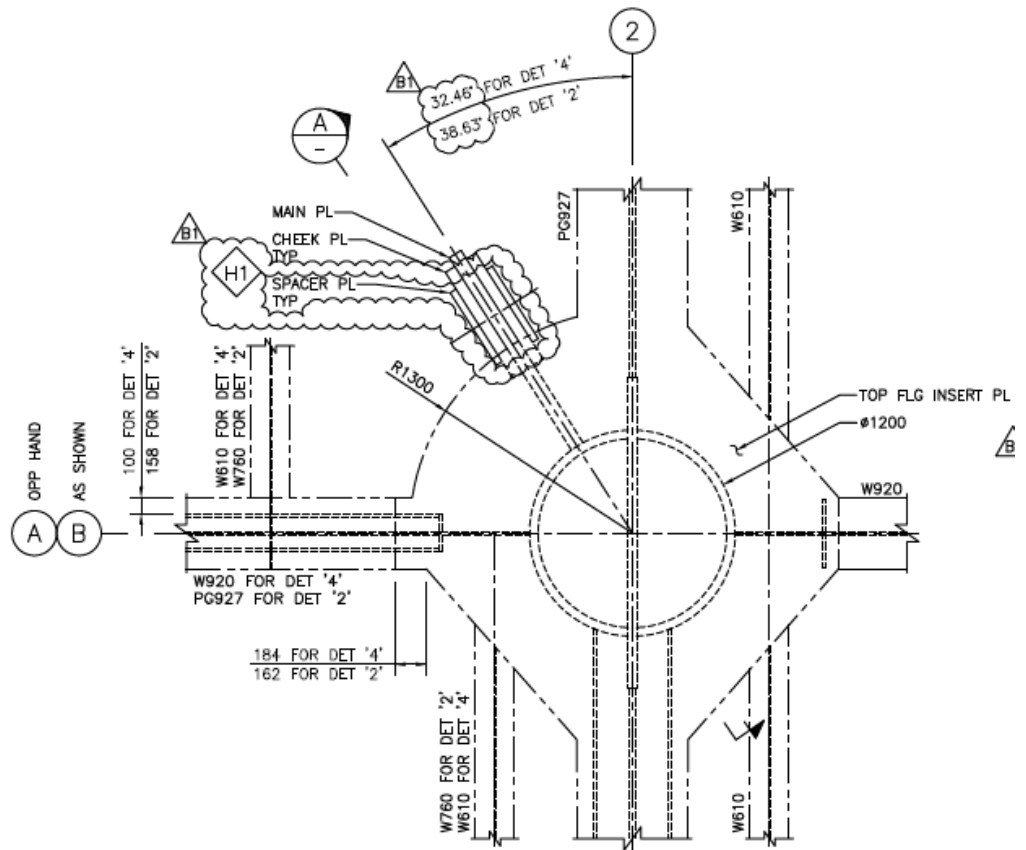


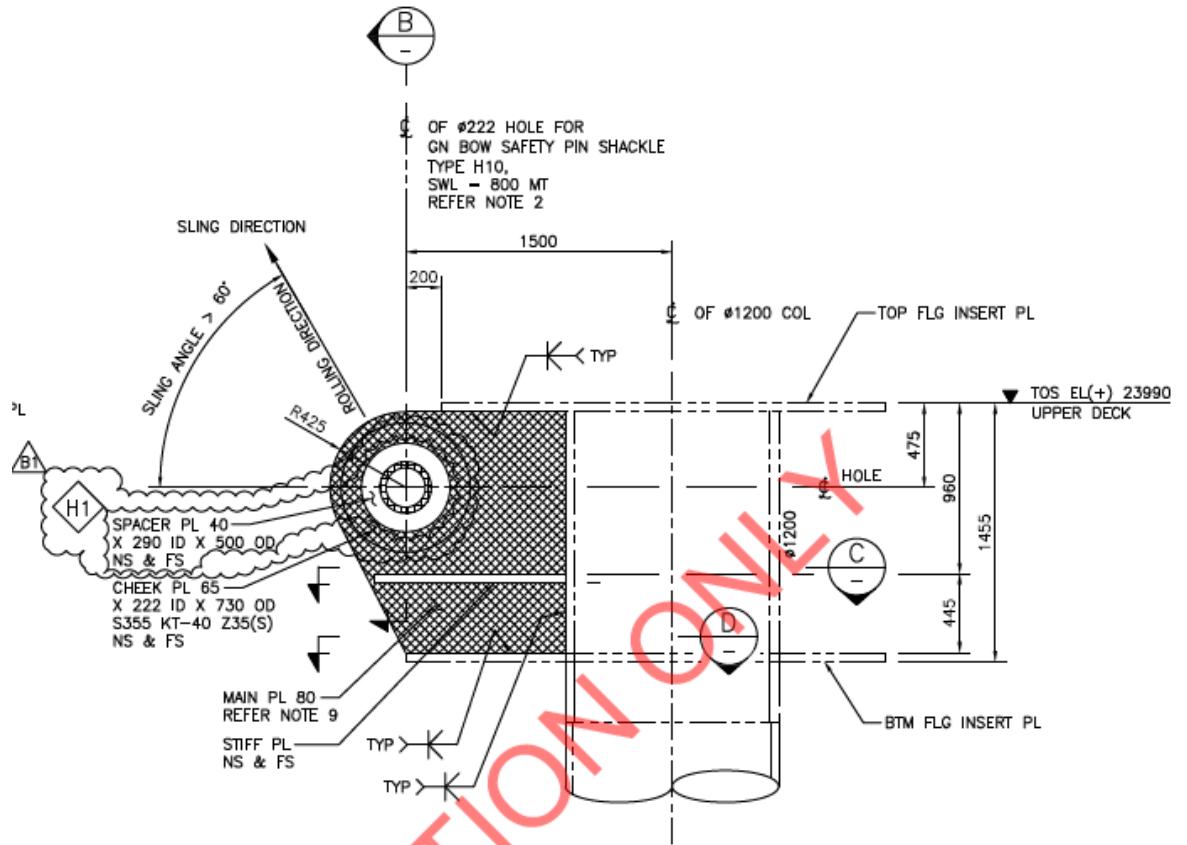
PLAN OF CONFIGURATION
SCALE 1:125

FOR INFORMATION

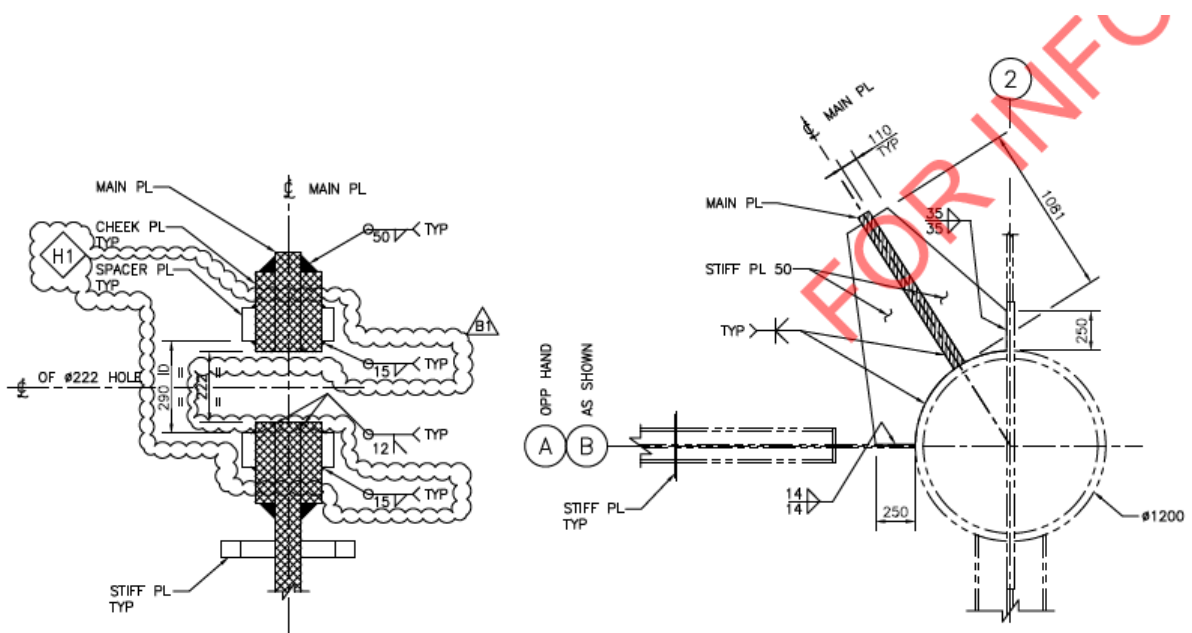


ELEVATION OF LIFTING CONFIGURATION
TRUSS ROW '2' (LOOKING WEST)
SCALE 1:125

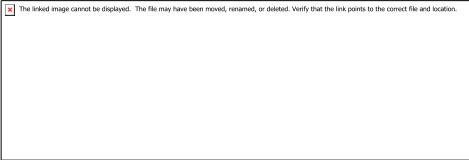




SECTION **(A)**
SCALE 1:20
SKID BEAM NOT SHOWN FOR CLARITY




LAMPIRAN B
PERHITUNGAN ANALISIS STATIS



Project

First Saved	Monday, July 13, 2020
Last Saved	Monday, July 13, 2020
Product Version	18.1 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No

 The linked image cannot be displayed. The file may have been moved, renamed, or deleted. Verify that the link points to the correct file and location.

Contents

- [Units](#)
- [Model \(A4\)](#)
 - [Geometry](#)
 - [Parts](#)
 - [Coordinate Systems](#)
 - [Connections](#)
 - [Contacts](#)
 - [Contact Regions](#)
 - [Mesh](#)
 - [Mesh Controls](#)
 - [Static Structural \(A5\)](#)
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution \(A6\)](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Equivalent Stress](#)
 - [Stress Probe](#)
- [Material Data](#)
 - [Structural Steel](#)

Report Not Finalized

Not all objects described below are in a finalized state. As a result, data may be incomplete, obsolete or in error. View first state problem. To finalize this report, edit objects as needed and solve the analyses.

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, t, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A4)

Geometry

TABLE 2
Model (A4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	D:\Beni\Terakhir\ANSYS Terakhir.iges
Type	Iges
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	

Length X	4000. mm
Length Y	4000. mm
Length Z	2000. mm
Properties	
Volume	3.4096e+009 mm ³
Mass	26.765 t
Scale Factor Value	1.
Statistics	
Bodies	3
Active Bodies	3
Nodes	728231
Elements	355948
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Independent
Parameter Key	ANS;DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	Yes
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\ADIB SATRIAWAN\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	Part 1	Part 2	Part 3
State	Meshed		
Graphics Properties			
Visible	Yes		
Transparency	1		
Definition			
Suppressed	No		
Stiffness Behavior	Flexible		
Coordinate System	Default Coordinate System		
Reference Temperature	By Environment		
Behavior	None		
Material			

Assignment	Structural Steel		
Nonlinear Effects	Yes		
Thermal Strain Effects	Yes		
Bounding Box			
Length X	640.5 mm	4000. mm	
Length Y	640.5 mm	4000. mm	
Length Z	519.26 mm	2000. mm	
Properties			
Volume	2.333e+007 mm ³	3.3629e+009 mm ³	
Mass	0.18314 t	26.399 t	
Centroid X	57224 mm	57342 mm	56251 mm
Centroid Y	12492 mm	12374 mm	13465 mm
Centroid Z	3358.1 mm	3715.7 mm	3089.3 mm
Moment of Inertia Ip1	10600 t·mm ²	2425.8 t·mm ²	1.6701e+007 t·mm ²
Moment of Inertia Ip2	2425.8 t·mm ²	10600 t·mm ²	1.797e+007 t·mm ²
Moment of Inertia Ip3	9512.8 t·mm ²		1.7017e+007 t·mm ²
Statistics			
Nodes	77973	572285	
Elements	17280	321388	
Mesh Metric	None		

Coordinate Systems

TABLE 4
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>	<i>Probe</i>
State	Fully Defined	
Definition		
Type	Cartesian	
Coordinate System ID	0.	
Coordinate System		Program Controlled
Suppressed		No
Origin		
Origin X	0. mm	57473 mm
Origin Y	0. mm	12243 mm
Origin Z	0. mm	3865.3 mm
Define By		Global Coordinates
Location		Defined
Directional Vectors		
X Axis Data	[1. 0. 0.]	
Y Axis Data	[0. 1. 0.]	
Z Axis Data	[0. 0. 1.]	
Principal Axis		
Axis		X
Define By		Global X Axis
Orientation About Principal Axis		
Axis		Y
Define By		Default
Transformations		
Base Configuration		Absolute

Connections

TABLE 5
Model (A4) > Connections

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes

TABLE 6
Model (A4) > Connections > Contacts

Object Name	<i>Contacts</i>
State	Fully Defined
Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0.
Tolerance Value	15. mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face Overlap Tolerance	Off
Cylindrical Faces	Include
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies
Statistics	
Connections	3
Active Connections	3

TABLE 7
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	<i>Contact Region</i>	<i>Contact Region 2</i>	<i>Contact Region 3</i>
State	Fully Defined		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Contact	2 Faces	1 Face	
Target	2 Faces	1 Face	
Contact Bodies	Part 1		Part 2
Target Bodies	Part 2	Part 3	
Definition			
Type	Bonded		

Scope Mode	Automatic
Behavior	Program Controlled
Trim Contact	Program Controlled
Trim Tolerance	15. mm
Suppressed	No
Advanced	
Formulation	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Penetration Tolerance	Program Controlled
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled
Geometric Modification	
Contact Geometry Correction	None
Target Geometry Correction	None

Mesh

TABLE 8
Model (A4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Display	
Display Style	Body Color
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Element Order	Program Controlled
Sizing	
Size Function	Adaptive
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Assembly
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeature Size	Default
Minimum Edge Length	0.533430 mm
Quality	
Check Mesh Quality	Yes
Error Limits	Standard Mechanical
Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	None
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5

Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Statistics	
Nodes	728231
Elements	355948

TABLE 9
Model (A4) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Face Sizing</i>	<i>Face Sizing 2</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	85 Faces	23 Faces
Definition		
Suppressed	No	
Type	Element Size	
Element Size	12. mm	12. mm
Advanced		
Defeature Size	Default	
Behavior	Soft	

Static Structural (A5)

TABLE 10
Model (A4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22. °C
Generate Input Only	No

TABLE 11
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	

Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Rotordynamics Controls	
Coriolis Effect	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Combined Restart Files	Program Controlled
Nonlinear Controls	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	D:\Beni\Terakhir\Simulasi Terakhir_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	nmm

TABLE 12
Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	<i>Pressure</i>	<i>Fixed Support</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	1 Face	5 Faces
Definition		
Type	Pressure	Fixed Support

Define By	Components	
Coordinate System	Global Coordinate System	
X Component	1.32 MPa (ramped)	
Y Component	-1.32 MPa (ramped)	
Z Component	4.55 MPa (ramped)	
Suppressed	No	

FIGURE 1
Model (A4) > Static Structural (A5) > Pressure



Solution (A6)

TABLE 13
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
Information	
Status	Done
MAPDL Elapsed Time	2 m 51 s
MAPDL Memory Used	3.0547 GB
MAPDL Result File Size	296.75 MB
Post Processing	
Beam Section Results	No

TABLE 14
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Identify Element Violations	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 15
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	<i>Equivalent Stress</i>
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time
Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	4.8121e-003 MPa
Maximum	95.935 MPa
Minimum Occurs On	Part 3
Maximum Occurs On	Part 3
Information	
Time	1. s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

FIGURE 2
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

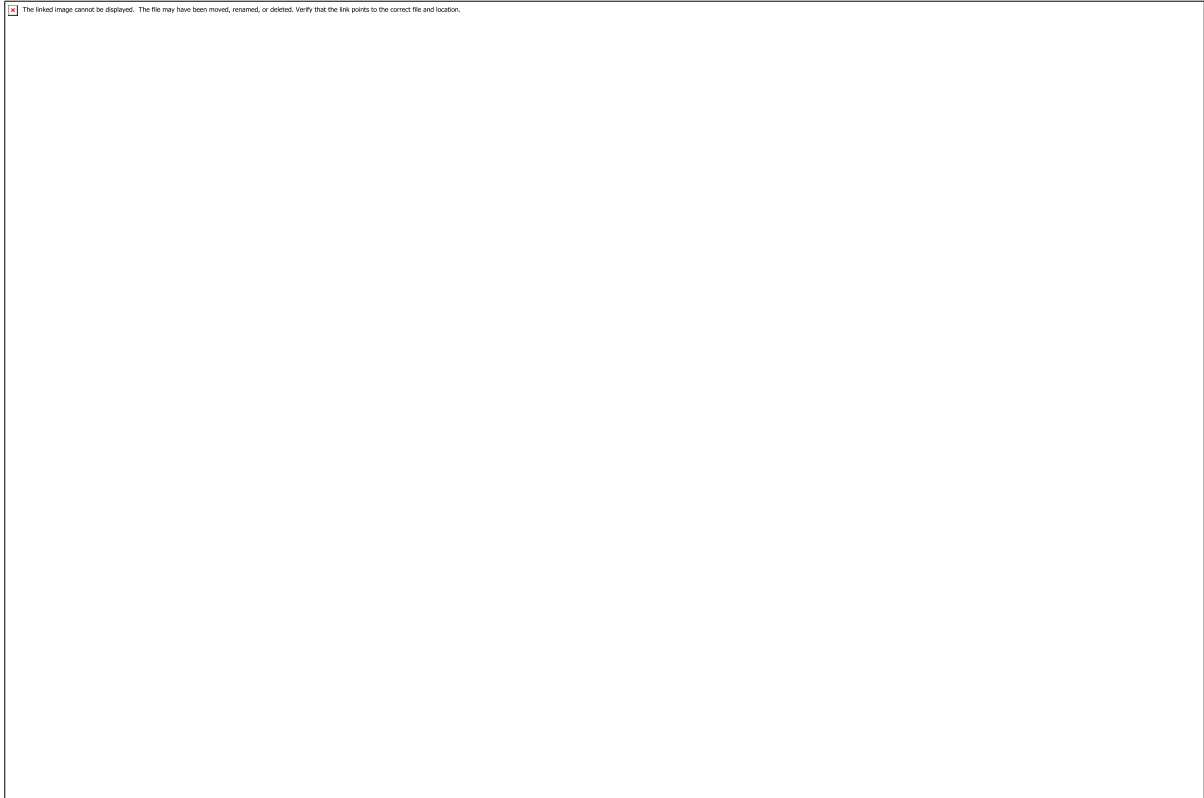


TABLE 16
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Equivalent Stress

Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]
1.	4.8121e-003	95.935

TABLE 17
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Probes

Object Name	<i>Stress Probe</i>
State	Solved
Definition	
Type	Stress
Location Method	Coordinate System
Orientation	Global Coordinate System
Location	Probe
X Coordinate	57473 mm
Y Coordinate	12243 mm
Z Coordinate	3865.3 mm
Suppressed	No
Options	
Result Selection	All
Display Time	End Time
Results	
Normal - X Axis	7.6679 MPa
Normal - Y Axis	7.6668 MPa
Normal - Z Axis	10.389 MPa
XY Shear	-7.721 MPa
YZ Shear	8.9396 MPa

XZ Shear	-8.9394 MPa
Equivalent (von-Mises)	25.802 MPa
Maximum Principal	25.776 MPa
Middle Principal	1.2496e-003 MPa
Minimum Principal	-5.3675e-002 MPa
Intensity	25.829 MPa
Maximum Value Over Time	
Normal - X Axis	7.6679 MPa
Normal - Y Axis	7.6668 MPa
Normal - Z Axis	10.389 MPa
XY Shear	-7.721 MPa
YZ Shear	8.9396 MPa
XZ Shear	-8.9394 MPa
Equivalent (von-Mises)	25.802 MPa
Maximum Principal	25.776 MPa
Middle Principal	1.2496e-003 MPa
Minimum Principal	-5.3675e-002 MPa
Intensity	25.829 MPa
Minimum Value Over Time	
Normal - X Axis	7.6679 MPa
Normal - Y Axis	7.6668 MPa
Normal - Z Axis	10.389 MPa
XY Shear	-7.721 MPa
YZ Shear	8.9396 MPa
XZ Shear	-8.9394 MPa
Equivalent (von-Mises)	25.802 MPa
Maximum Principal	25.776 MPa
Middle Principal	1.2496e-003 MPa
Minimum Principal	-5.3675e-002 MPa
Intensity	25.829 MPa
Information	
Time	1. s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

FIGURE 3
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Probe



TABLE 18
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Stress Probe

Time [s]	Stress Probe (NormX) [MPa]	Stress Probe (NormY) [MPa]	Stress Probe (NormZ) [MPa]	Stress Probe (Shear XY) [MPa]	Stress Probe (Shear YZ) [MPa]	Stress Probe (Shear XZ) [MPa]	Stress Probe (Equivalent (von-Mises)) [MPa]	Stress Probe (Maximum Principal) [MPa]	Stress Probe (Middle Principal) [MPa]	Stress Probe (Minimum Principal) [MPa]	Stress Probe (Intensity) [MPa]
1.	7.6679	7.6668	10.389	-7.721	8.9396	-8.9394	25.802	25.776	1.2496e-003	-5.3675e-002	25.829

Material Data

Structural Steel

TABLE 19
Structural Steel > Constants

Density	7.85e-009 tonne mm ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C ⁻¹
Specific Heat	4.34e+008 mJ tonne ⁻¹ C ⁻¹
Isotropic Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm ⁻¹ C ⁻¹
Isotropic Resistivity	1.7e-004 ohm mm

TABLE 20
Structural Steel > Appearance

Red	Green	Blue
132	139	179

TABLE 21
Structural Steel > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
0

TABLE 22
Structural Steel > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
250

TABLE 23
Structural Steel > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
250

TABLE 24
Structural Steel > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
460

TABLE 25
Structural Steel > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Zero-Thermal-Strain Reference Temperature C
22

TABLE 26
Structural Steel > Alternating Stress Mean Stress

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999	10	0
2827	20	0
1896	50	0
1413	100	0
1069	200	0
441	2000	0
262	10000	0
214	20000	0
138	1.e+005	0
114	2.e+005	0
86.2	1.e+006	0

TABLE 27
Structural Steel > Strain-Life Parameters

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920	-0.106	0.213	-0.47	1000	0.2

TABLE 28
Structural Steel > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	2.e+005	0.3	1.6667e+005	76923

TABLE 29
Structural Steel > Isotropic Relative Permeability

Relative Permeability
10000

BIODATA PENULIS



Bayu Kirana Putra atau yang lebih akrab disapa Beni lahir di Mojokerto, 3 Mei 1998. Menempuh pendidikan formal dimulai dari SD Gedongan 1 kota Mojokerto (*lulus tahun 2010*), kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 kota Mojokerto (*lulus tahun 2013*), dan lulus dari SMA 1 Puri Mojokerto pada tahun 2013. Hingga akhirnya menempuh pendidikan strata I di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui jalur SBMPTN dan terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 04311640000093. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan yang berhubungan dengan hubungan internal mahasiswa. Dalam organisasi kemahasiswaan. Penulis pernah mengemban amanah sebagai Ketua Divisi Internal Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS, Kepala divisi Kajian Departemen Kajian dan Aksi Strategis Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Penulis berkesempatan untuk melaksanakan kerja praktik di PT. Gunanusa Utama Fabricators selama 2 bulan. Sampai akhirnya penulis mendalami pemahaman terkait *lifting* pada proses *loadout* dan pada kesempatan ini, syukur alhamdulillah penulis diberikan ketekunan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berhubungan dengan kekuatan *padeye* saat *lifting* pada proses *loadout*. Semoga apa yang telah ditulis oleh penulis dalam tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap ilmu pengetahuan di dunia kelautan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih telah meluangkan waktunya untuk membaca tugas akhir ini.

Kontak penulis:

E-mail : bayukiranaputra@gmail.com

Telp : 085259338663